



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL:

**INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE
SEGURIDAD ACTIVA PRE-CRASH (VEHÍCULO Y PEATÓN)**

AUTOR: Oscar Muñoz Zoilo

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, Sistemes Electrònics

DIRECTOR: David Gallegos Diez

DEPARTAMENT: Enginyeria Electrònica

DATA: Juny 2012

TÍTULO: INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SEGURIDAD ACTIVA PRE-CRASH (VEHÍCULO Y PEATÓN)

COGNOMS: Muñoz Zoilo

NOM: Oscar

TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica de Telecomunicació

ESPECIALITAT: Sistemes Electrònics

PLA: 95

DIRECTOR: David Gallegos Diez

DEPARTAMENT: Enginyeria Electrònica

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☒ Sí ☐ No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

El proyecto se centra en desarrollar una metodología para la evaluación de los nuevos sistemas avanzados de asistencia a la conducción PRE-CRASH que incorporan los vehículos basados en sistemas electrónicos de detección de vehículos y peatones. Estos innovadores sistemas permiten mejorar la seguridad activa de los vehículos anticipándose a cualquier posible riesgo de colisión y avisando al conductor en el caso que exista dicho riesgo.

Para llegar al objetivo deseado es necesario:

- La creación de una metodología de ensayo para los sistemas Pre-Crash en base a las estadísticas de accidentes y las normativas y estándares actuales para este tipo de tecnologías.
- Análisis de las tecnologías y sensórica existentes para la implementación de los sistemas Pre-Crash.
- La creación de un laboratorio que reproduzca situaciones reales de tráfico basadas en el procedimiento de ensayo y un sistema lo suficientemente robusto para garantizar las repeticiones necesarias para la realización de el testeo de forma continuada.

Como resultado del proyecto, se ha comprobado la viabilidad en la creación de un criterio de evaluación y testeo para sistemas de detección Pre-Crash tanto para sistemas de detección de vehículos como para detección de peatones.

A raíz del proyecto, se ha detectado la necesidad de un criterio unificador a nivel internacional para el ensayo y evaluación de la mayor parte de sistemas de detección para la ayuda a la conducción en general y más concretamente para los sistemas de seguridad Pre-Crash de detección de vehículos y detección de peatones.

Desde el punto de vista medioambiental, este tipo de iniciativas tienen como finalidad la mejora de los sistemas avanzados a la conducción que supondrá una mejora en la siniestralidad de los vehículos, mejorará las congestiones en las carreteras y en consecuencia contribuirá a una mejora en la sostenibilidad medioambiental.

Paraules clau (màxim 10):

Pre-Crash	Radar	Lidar	Camara
ADAS	Peatones	Seguridad activa	Detección
vehículos	Asistencia		

Agradecimientos

Primeramente quería agradecer al director del proyecto, David Gallegos, por su dedicación, interés y apoyo durante toda la realización del proyecto.

Por otra parte, quería dedicarle especialmente este proyecto a mi pareja, Belén Diez, por sus ánimos, ayuda y cariño durante todo este tiempo.

Muchas gracias, Oscar

1	INTRODUCCIÓN	4 -
1.1	Objetivos.....	6 -
1.2	Metodología	7 -
1.3	Alcance	13 -
2	ESTADO DEL ARTE.....	14 -
2.1	Sistema Pre-Crash (Detección de vehículos)	15 -
2.2	Sistema Pre-Crash (Detección de Peatones)	15 -
2.3	Sensores de detección.....	16 -
3	DESARROLLO DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE RESULTADO	18 -
3.1	Fase 1: INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES.....	18 -
3.2	Fase 2: ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS	29 -
3.3	Fase 3: ESTADO DEL ARTE DE LOS ESTANDARES	38 -
3.4	Fase 4: DEFINICIÓN METODOLOGÍA DE ENSAYO	47 -
3.5	Fase 5: DISEÑO HERRAMIENTAS DE ENSAYO	59 -
3.6	Fase 6: SIMULACIÓN DE ENSAYOS	82 -
3.7	Fase 7: IMPLEMENTACIÓN FÍSICA	83 -
3.8	Fase 8: DIVULGACIÓN.....	92 -
4	CONCLUSIONES.....	93 -
5	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	94 -
6	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	96 -
7	BIBLIOGRAFÍA	97 -



1 INTRODUCCIÓN

La movilidad vial representa una contribución económica vital para el desarrollo de la sociedad actual y futura. Son varios los indicadores que demuestran la importante correlación entre y crecimiento económico y movilidad vial. Por ejemplo, la importancia del transporte y la movilidad queda patente al observar que hasta el 40% de los créditos ofrecidos por el World Bank han sido empleados para proyectos de transporte. Expertos en el sector del transporte también argumentan que mejoras en la movilidad reducen los costes de transporte, lo que permite a su vez reducir el coste de sus productos, y estimular la demanda y desarrollo económico. Otros estudios llevados a cabo en el Reino Unido también insisten en que la reducción del tiempo de viaje a través de mejoras en la gestión de la movilidad vial repercuten en un incremento de la productividad, y por lo tanto el crecimiento económico; una encuesta realizada entre 12000 empresas británicas destaca que las mejoras en la movilidad y transporte deberían representar una de las tres acciones prioritarias a llevar a cabo para mejorar la competitividad de sus negocios.

Si bien la movilidad vial representa un factor clave para el desarrollo de nuestras economías, el continuo incremento del número de vehículos y de las frecuencias de viajes están generando importantes problemas (seguridad vial, gestión del tráfico, e impacto medioambiental) que pueden condicionar su desarrollo y reducir sus beneficios, y que deben ser afrontados para garantizar una movilidad vial segura, sostenible, eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Según estimaciones del DG TREN Europeo (Directorate-General for Energy and Transport), el número de coches por millar de personas ha aumentado de 232 en 1975 a 460 en 2002, y la distancia recorrida por un ciudadano europeo se ha incrementado de los 17 kilómetros por día en 1970 a 35km en la actualidad.

En relación con la seguridad vial, desde el inicio del nuevo siglo, solo en Europa y América del Norte, el número de accidentes de tráfico aproximado es de 4 millones por año. Por este motivo, unas 150.000 personas han perdido la vida en las carreteras y cerca de 5,5 millones han resultado heridas cada año.

Aunque la naturaleza de los accidentes es muy diversa, según las cifras facilitadas por un estudio de la UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), existe una estrecha relación entre el número de accidentes entre dos o más vehículos respecto al total (incluidos vehículo-peatón y solo vehículo) y el grado de urbanización del país estudiado. Por ejemplo, en el 2003, a países como Francia, Alemania y España, el tanto por ciento de accidentes en los que se vieron implicados dos o más vehículos oscilaba entre el 60% y el 65%. De los cuales, entre el 47% y el 54% se produjeron en cruces o giros y aproximadamente el 36% fueron choques frontales, dos vehículos impactan frontalmente, o traseros, un vehículo impacto con la parte trasera de otro.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Considerando el mismo estudio de UNECE un 10% del total de accidentes fueron atropellos de peatones. La cifra, según la DGT (Dirección General de Tráfico), es demasiado alta al entender que son los accidentes más fácilmente evitables.

Con la finalidad de minimizar los accidentes, los nuevos sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems) están emergiendo con fuerza como respuesta a la necesidad de potenciar los sistemas de protección primarios (aquellos que permiten prevenir los accidentes o también denominados Pre-Crash). Los sistemas ADAS dan soporte al conductor y al vehículo durante la conducción, actuando solamente cuando el vehículo detecta alguna situación con riesgo de colisión.

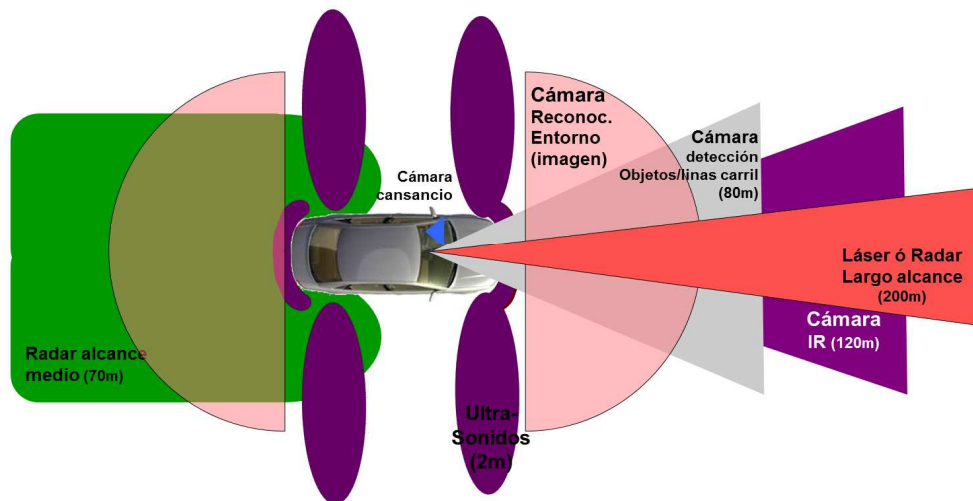


Figura 1.1. – Distribución del area de detección por sensorica

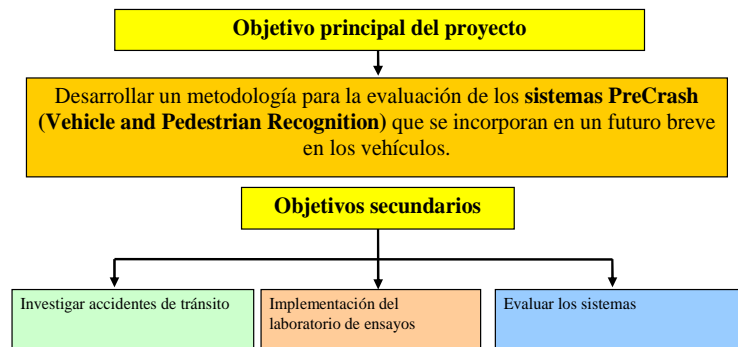
Los sistemas mencionados sistemas se encuentran integrados en el sistema electrónico y electro-mecánico del automóvil. Los sensores de detección mas utilizados dentro de estos sistemas son los siguientes:

- Cámaras de video
- Radar
- Lidar (Láser)

1.1 Objetivos

El objetivo principal del proyecto es desarrollar una metodología para la evaluación de los nuevos sistemas avanzados de asistencia a la conducción PRE-CRASH que incorporan los vehículos basados en sistemas electrónicos de detección de vehículos y peatones. Estos innovadores sistemas permiten mejorar la seguridad activa de los vehículos anticipándose a cualquier posible riesgo de colisión y avisando al conductor en el caso que exista dicho riesgo.

Como se observa en el siguiente diagrama, para llegar al objetivo deseado, es necesario la creación de una metodología de ensayo, un laboratorio que reproduzca situaciones reales de tráfico basadas en el protocolo a diseñar y un sistema lo suficientemente robusto para garantizar las repeticiones necesarias para la realización de testeos de forma continuada.



1.2 Metodología

Fase 1: INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES	Duración: 1 Mes
<p><u>Objetivo:</u></p> <p>Permite identificar los escenarios de accidentes más representativos a partir de la investigación en profundidad de una muestra de accidentes con el objetivo de acotar los escenarios más relevantes a definir en el procedimiento de evaluación. Por ese motivo, se ha de definir la magnitud del problema a partir del estudio macro estadístico de los accidentes en las que existan impactos frontales entre vehículos y atropellos.</p>	
<p><u>Descripción del trabajo:</u></p> <p>Esta tarea se centra en un estudio estadístico de accidentes en la que intervienen el vehículo-vehículo y vehículo-peatón. Por ese motivo, se han de analizar con detalle los accidentes en las que se encuentren representadas las diferentes situaciones que se dan cuando existe un impacto. El objetivo es poder acotar aquellos accidentes más representativos de una situación para poder incluirlo como parte fundamental de la metodología de ensayo a la hora de evaluar los sistemas de detección de obstáculos (peatón y vehículo).</p> <p>Como punto de partida, se dispone de una base de datos de los accidentes. Estos datos serán utilizados para identificar la magnitud del problema de los accidentes y posteriormente se realizará el análisis estadístico de los accidentes con el objetivo de definir la magnitud del problema (costes económicos y sociales asociados a los accidentes en los choques y atropellos).</p> <p>La investigación en profundidad de una muestra representativa de accidentes servirá para la definición de las situaciones más representativas. Estos escenarios serán los escogidos para el desarrollo de las metodologías de ensayo para los sistemas Pre-Crash.</p>	

Fase 2: ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS	Duración: 1 Mes
<u>Objetivo:</u> En esta fase se incluye una definición del mapa actual y tendencias futuras de las tecnologías de asistencia a la conducción y los sensores utilizados para cada una de las tecnologías.	
<u>Descripción del trabajo:</u> En esta tarea se deberá buscar la información disponible para conocer cuales son las características y la funcionabilidad de los diferentes sensores que se aplican en la tecnología de ayuda a la conducción (ADAS). En la actualidad se están utilizando los siguientes sensores para la detección de obstáculos: - Sensores Radar: Definición, características, funcionabilidad. - Sensores Lidar: Definición, características, funcionabilidad. - Sensores Cámara: Definición, características, funcionabilidad. El objetivo de esta búsqueda es adquirir un conocimiento a nivel tecnológico de los equipos que se emplean para la detección de obstáculos. Por otra parte, se debe conocer como se encuentra configurada la arquitectura electrónica a nivel de sistemas para así saber como interactúan los distintos sensores, qué nivel de actuación tiene el vehículo y cual es el feedback que puede apreciar el conductor a la hora de crear la metodología de ensayo.	

Fase 3: ESTADO DEL ARTE DE LOS ESTÁNDARES	Duración: 1 Mes
<u>Objetivo:</u> Será objetivo de esta fase un estudio de los procedimientos de ensayo actuales para sistemas de seguridad activa.	
<u>Descripción del trabajo:</u> En esta tarea se debe generar un listado previo de los proyectos que están trabajando en tecnologías ADAS y posteriormente centrarse en aquellos proyectos que han trabajado en detección de obstáculos y arquitectura electrónica. El objetivo de esta búsqueda es obtener información sobre las diferentes tendencias que se están adoptando con el objetivo de dar solución a un sistema de detección de diferentes targets que se pueden dar en los diferentes escenarios. Los resultados de los proyectos analizados deben servir como base para conocer las tecnologías que se van a evaluar y al mismo tiempo conocer la tendencia para dar soluciones a las diferentes tecnologías ADAS. Por ese motivo, se llevará a cabo una recopilación de los estándares y publicaciones relativos a evaluaciones objetivas que puedan completar la información recabada y permitan constituir unas bases a partir de las cuales empezar a desarrollar el procedimiento de evaluación objetiva de estos sistemas.	

Fase 4: DEFINICIÓN METODOLOGÍA DE ENSAYO	Duración: 2 Meses
<p><u>Objetivo:</u></p> <p>El objetivo se centra en la definición de una metodología de ensayo para la evaluación de los sistemas Pre-crash, durante esta fase se establecerá una metodología estándar de ensayo enfocado a la validación de los sistemas Pre-Crash (Vehículo y Peatón).</p> <p><u>Descripción del trabajo:</u></p> <p>La principal tarea se centra en definir un procedimiento de ensayo que permita tener controlados los diferentes parámetros que pueden ser característicos (velocidad y aceleración de los vehículos o vehículo y peatón, distancia entre los mismos, condiciones externas,..etc). En el protocolo se han de especificar, para cada uno de los escenarios representativos, los valores de velocidad y distancia que deben tener los diferentes objetos implicados en el laboratorio de ensayo para que en cierto modo se asegure una repetitividad de los mismos.</p> <p>La evaluación objetiva será la línea de trabajo principal del proyecto y se desarrollará en base a la adquisición y estudio de datos objetivos tales como señales de tiempo y distancias relativas, velocidades y aceleraciones de ambos vehículos o del vehículo y peatón que serán registrados durante los ensayos definidos en la metodología con equipos de medida específicos. Actualmente no existe ningún criterio ni protocolo regulador para la mayor parte de sistemas de protección primaria, a excepción del ESC (control electrónico de estabilidad). Por ese motivo, se ve necesario un criterio unificador para el ensayo y la evaluación de la mayor parte de sistemas ADAS en general y más concretamente para los sistemas de Pre-crash de detección de vehículos y de peatones.</p> <p>La metodología o el procedimiento de ensayo para la evaluación que se defina permitirá evaluar los sistemas de asistencia a la conducción desde un punto de vista puramente objetivo y funcional como un sistema embarcado en el vehículo que cumple unas especificaciones funcionales.</p> <p>En el desarrollo del procedimiento de ensayo objetivo, se desarrolla una metodología que permite evaluar la percepción subjetiva del conductor cuando actúan los sistemas de ayuda en las diferentes casuísticas de ensayo. Se definen los aspectos como un enfoque de evaluación, un criterio de valoración, terminología específica, parámetros o fenómenos clave susceptibles de percepción y evaluación, etc..</p>	

Fase 5: DISEÑO HERRAMIENTAS DE ENSAYO	Duración: 2 Meses
<u>Objetivo:</u> Esta fase se centra en la definición a nivel de concepto del laboratorio de ensayo basado en herramientas y equipos de ensayos necesario para la implementación física de la metodología de evaluación definida en la fase anterior.	
<u>Descripción del trabajo:</u> Se ha de realizar un listado de los requerimientos técnicos de cada uno de los escenarios definidos en el protocolo correspondiente. Posteriormente, listar las posibles soluciones que ofrece el mercado para la implementación de los escenarios. Elegir, para cada caso, la solución que mejor se adecue a los requerimientos del escenario. Definir la arquitectura de la instalación considerando los requerimientos técnicos necesarios para cada escenario. Emplazar la instalación en un lugar donde se puedan cubrir todas las posibilidades de ensayo definidas en la metodología de evaluación de los sistemas ADAS. Partiendo de la base de lo que hemos definido en la tarea anterior debemos diseñar una arquitectura e instalación que permita implementar los escenarios de ensayo que se plantean en la metodología. La arquitectura del laboratorio de ensayo debe permitir un índice de seguridad alto y, por otra parte, el laboratorio debe estar controlado electrónicamente para asegurar al mismo tiempo una repetibilidad en los ensayos. Por lo tanto, pasan a ser relevantes el control sobre los parámetros de velocidad de aparición de obstáculos en el cruce así como la localización a la hora de medir la distancia entre los diferentes vehículos y el peatón.	

Fase 6: SIMULACIÓN DE ENSAYOS	Duración: 1 Mes
<u>Objetivo:</u> El objetivo de esta fase esta basado en la utilización de herramientas de simulación que evaluar el procedimiento de ensayo que se ha definido y de esta manera contrastar su viabilidad.	

Evaluación de sistemas de seguridad activaDescripción del trabajo:

La tarea principal de esta fase se centra en buscar una herramienta de simulación que permita representar los diferentes escenarios que se han descrito en el procedimiento de validación de los sistemas ADAS durante la fase 4. Esta herramienta servirá para analizar la viabilidad a nivel física y técnica del procedimiento de ensayo teniendo en cuenta la definición de los diferentes parámetros de velocidad, distancias, aceleraciones de los diferentes vehículos y peatones que intervienen en la representación de escenario de ensayo.

Posterior a la simulación, deberá de haber una representación física que contraste en cierta manera lo simulado previamente y que permita certificar la viabilidad de las diferentes casuísticas de ensayo definidas en el protocolo de ensayo para la evaluación de los sistemas ADAS.

Fase 7: IMPLEMENTACIÓN FÍSICA

Duración:

3Meses

Objetivo:

El objetivo principal de esta fase es la implementación física de los ensayos para la validación de la metodología de ensayos, durante esta fase se presentarán los resultados obtenidos durante la implementación real de la solución planteada en las fases anteriores.

Descripción del trabajo:

Consiste en realizar los ensayos que se puedan reproducir en el laboratorio con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento de la instalación. En esta tarea es muy importante garantizar la repetitividad de los ensayos y la seguridad del laboratorio, en caso de fallo de los sistemas a ensayar o de impacto con los objetos que se pretenden simular.

Una vez verificado el correcto funcionamiento del laboratorio, se reproducirán ensayos reales con vehículos con objeto de evaluar los protocolos de ensayo diseñados en las fases previas del proyecto. En caso de detectarse que las instrucciones o condiciones especificadas en los protocolos no sean las adecuadas, esta fase permitiría su modificación y mejora.

Fase 8: DIVULGACIÓN	Duración: 6 Meses
<u>Objetivo:</u> La presentación, difusión y divulgación de los resultados será imprescindible para dar a conocer la nueva metodología de evaluación para sistemas de asistencia a la conducción.	
<u>Descripción del trabajo:</u> De forma paralela se confecciona una planificación para la participación en ferias, conferencias y eventos a los que asistir con el fin de promocionar el proyecto realizado.	

1.3 Alcance

El alcance del proyecto incluye como pilares fundamentales:

- El estudio de los accidentes para las casuísticas de impacto entre vehículos y atropello de peatones.
- El estudio de los diferentes sistemas avanzados a la conducción Pre-Crash que ayudan a prevenir los accidentes anteriormente mencionados.
- Estudio de las tecnologías que utilizan a nivel de hardware y entender la lógica para la detección.
- Definición y desarrollo de la metodología para la evaluación de los sistemas Pre-Crash.

2 ESTADO DEL ARTE

Como definición de los sistemas avanzados a la conducción (ADAS), podríamos decir que son sistemas de confort, seguridad activa e información que asisten al conductor a realizar su tarea y que requieren del reconocimiento del entorno (sensórica).

Los principales objetivos que tienen estos sistemas son:

1.- Evitar o minimizar las consecuencias de un posible accidente, detectando la naturaleza e importancia del peligro.

2.- Mejorar el confort e informar al cliente sobre la condiciones de la conducción.

Existen diferentes maneras de asistir al conductor:

A.- Alertando al conductor lo antes posible de un peligro inminente

B.- Avisando al conductor si no hay reacción por su parte a la primera alerta y

C.- Asistiendo de forma activa o, en última instancia, interviniendo para prevenir e accidente o mitigar sus consecuencias.

D.- Liberar al cliente de tareas tediosas como el control de la velocidad crucero ó informando en la maniobra de aparcamiento

A continuación, el siguiente esquema representa los diferentes sistemas de ayuda a la conducción (ADAS) clasificándolos por funciones y características:

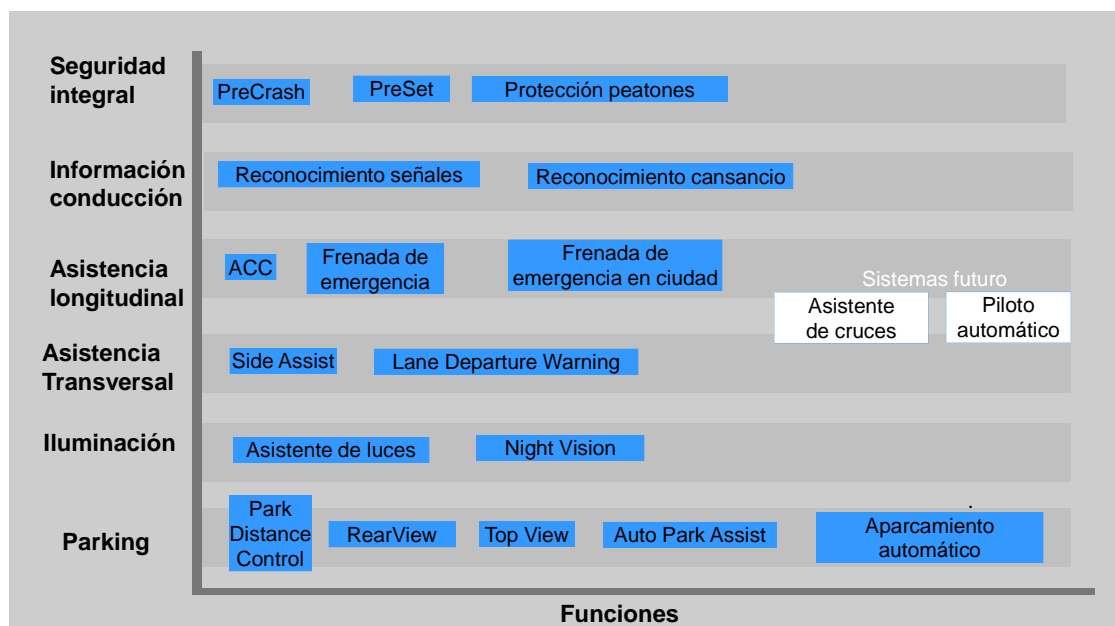


Figura 2.1. Clasificación de los sistemas ADAS

2.1 Sistema Pre-Crash (Detección de vehículos)

Los sistemas de aviso de obstáculos o colisión ayudan al conductor a evitar o mitigar los accidentes al detectar vehículos u otros obstáculos en la carretera y avisar de colisión inminentes. Las soluciones actuales, de funcionamiento limitado, son una función complementaria del control de crucero adaptativo, que utilizan información obtenida por los detectores de radar para generar avisos acústicos y visuales.

Los sistemas del futuro utilizarán detectores de radar de largo y corto alcance, sistemas LIDAR y procesado de imágenes de vídeo o una combinación de todos estos dispositivos. Además de avisar al conductor, el sistema puede preparar el circuito de frenos para que actúen de inmediato a máxima potencia (asistente a la frenada) cuando el conductor accione el pedal o preparar los airbags y tensar los cinturones de seguridad para una colisión inminente.

2.2 Sistema Pre-Crash (Detección de Peatones)

Los peatones son el elemento más débil y desprotegido de entre todos los que circulan por las calles y carreteras. El sistema de detección debe indicar al conductor la presencia de posibles colisiones, además puede mostrar la imagen proyectada en una pantalla. Para ello el sistema no solo debe detectar a todos los peatones que rodean al vehículo, sino analizar su actividad y movimiento para determinar aquellos con los que pueda existir un conflicto.

Debido a la enorme diversidad en la apariencia de los peatones y los cambios en la forma de estos entre imágenes sucesivas se ha procedido a desarrollar un algoritmo basado en los Contornos Activos. Para inicializarlos se utiliza los resultados de un sistema estéreo y además se tiene en cuenta la simetría de las formas de los peatones.

Son sistemas que ayudan a evitar colisiones y protegen a los usuarios vulnerables de la vía pública, tales como los peatones y los ciclistas. Una serie de sistemas de sensores (a menudo de varios tipos) vigilan la zona situada por delante del vehículo, detectan de forma fiable a los usuarios vulnerables y los distinguen de otros obstáculos.

El sistema utiliza diferentes accionadores, como el frenado autónomo o el asistente a la frenada, que ayudan a evitar las colisiones o mitigan sustancialmente sus consecuencias al reducir la velocidad del vehículo antes del impacto. Si no se puede evitar la colisión, se activan los accionadores de protección estructural (por ejemplo, airbags en el parachoques, elevación del capó del coche, etc.), que limitan el riesgo de lesiones graves o incluso salvan las vidas de los usuarios vulnerables.

En la actualidad estos asistentes no se encuentran regulados por ninguna normativa ni estándar y en la mayoría de ocasiones se encuentran en fases de desarrollo.

2.3 Sensores de detección

El sistema de asistencia a la intersección incluye sensores configurados para obtener información sobre los vehículos automóviles que se acerquen en la intersección. Mediante la interpretación de la información proporcionada por los sensores, se estima el riesgo potencial de una colisión. En base a esto se puede alertar al conductor mediante señales luminosas o acústicas e, incluso, realizar la frenada de emergencia correspondiente.

Resulta imprescindible para estimar el riesgo de colisión: conocer la trayectoria de nuestro vehículo, conocer (o al menos estimar con toda exactitud posible) la trayectoria del resto de vehículos, y detectar las señales ubicadas en nuestro carril y en el resto de los mismos.

Actualmente se emplean sensores tipo radar o lidar, junto a videocámaras (normalmente situadas en el retrovisor interior) para obtener la información de parte de estos elementos: se sabe que Mercedes, Lexus, Honda y Toyota están trabajando en la solución relativa al cruce perpendicular de vehículos, de forma satisfactoria, siendo el próximo paso el detectar vehículos en situaciones más complicadas.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

A continuación, se puede ver un diagrama donde se pueden analizar los diferentes sensores de detección de sistemas ADAS disponibles en el mercado y en que se valora el coste y la funcionalidad.

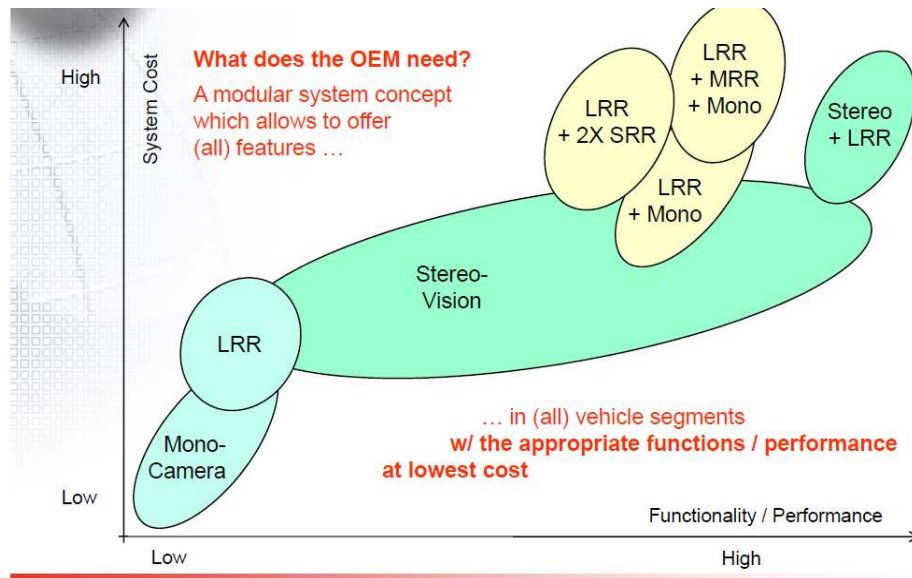


Figura 2.2. – Clasificación de los sensores – Fuente: Valeo

3 DESARROLLO DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE RESULTADO

3.1 Fase 1: INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

El empleo de las técnicas estadísticas para el análisis de los accidentes de circulación es uno de los medios más ampliamente utilizados para conocer la siniestralidad vial. En general cualquier dato relativo a las variables integradas en el sistema del tráfico (factor humano, vehículo y vía) es susceptible de ser analizado con las herramientas y técnicas propias de la estadística.

Lo que caracteriza al empleo de las técnicas estadísticas es que pueden servir para diagnosticar la situación de la seguridad vial en un lugar y momento dado pero no sirven, en la mayoría de los casos, para aportar soluciones directas e inmediatas al problema de los accidentes. Sus resultados tienen, por lo tanto, una validez meramente diagnóstica, al no ofrecer suficientes datos sobre las causas y sobre las acciones a adoptar para cada situación conflictiva.

El principal problema con el que se enfrenta el análisis estadístico de accidentes es la fiabilidad variable de los datos de partida, que en muchos casos derivan de un análisis superficial del accidente y que en numerosas ocasiones se deben a la aplicación de criterios subjetivos a dicho análisis. No obstante estas limitaciones, su aportación al conocimiento descriptivo de las principales variables de la siniestralidad vial es muy importante.

3.1.1 Análisis estadístico colisiones vehículo – vehículo

A. INTRODUCCIÓN

La colisión frontal o “topetazo” se produce entre los frontales de dos vehículos en movimiento. Si el eje longitudinal de los vehículos coincide aproximadamente, hablamos de colisiones frontales centrales. En el caso de que los ejes longitudinales de ambas unidades de circulación son sensiblemente paralelos pero no coincidentes, se trata de colisiones frontales excéntricas.

Los tipos de choques con heridos más comunes son los frontales seguidos de los impactos laterales, impactos traseros y vuelco. Los tests de las legislaciones actuales, intentan reproducir este tipo de accidentes frontales y laterales.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Los impactos frontales, se considerarán como colisiones en situaciones estables. Una situación estabilizada puede ser definida como una situación normal de conducción, en la cual un conductor (con cualquier tipo de vehículo) no tiene ninguna dificultad en la conducción, sin ninguna particular o anormal solicitud. Accidentes en intersección y situaciones en las cuales el conductor hace una maniobra específica (cambiar de dirección, cambio de carril...) quedan excluidos. El accidente puede ser debido a condicionantes internos o externos. Por tanto, una situación estabilizada podría ser definida por los siguientes criterios:

- Localización: fuera de intersección
- Vehículo: como mínimo un vehículo de pasajeros.
- Maniobras del conductor: sin maniobras específicas (no adelantamiento, no giro...).

B. DATOS ESTADÍSTICOS

Situación relativa a la colisión frontal

Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica y sin cruzar una intersección, se ve envuelto en un accidente con más de un vehículo.

El número de casos analizados del análisis en profundidad era igual de 442 casos (25% del total de muestras estabilizadas). Diferentes sub-escenarios fueron detectados

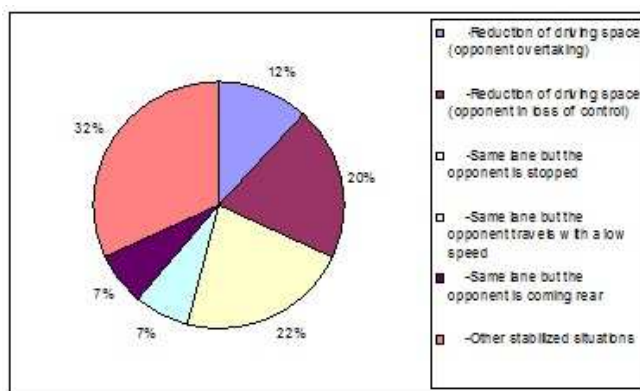


Figura 3.1. - Distribución sub-escenarios de colisión vehículos

Situación 1:

‘Reducción del espacio de conducción debido a un adelantamiento del vehículo oponente’. Representa el 12% del total.

El estereotipo de este tipo de accidentes es un accidente frontal entre dos vehículos de pasajeros, cuyos conductores son varón con una gran experiencia (más de 10 años). Estos accidentes ocurrieron en áreas urbanas (81%), la mayoría en secciones rectas (62%) de carreteras de una sola calzada (66%). Mencionar que habían 53 accidentes de este tipo en la base de datos.

El accidente ocurrió debido al comportamiento del vehículo oponente en el momento del adelantamiento. El vehículo oponente decide adelantar en el momento inadecuado. El conductor, el cual está ejecutando una conducción agresiva, falla en el momento de observar si el vehículo está viniendo (la situación estabilizada)

Por tanto, la causa más común de accidente (40% de accidentes) es una decisión errónea en el momento del adelantamiento, yendo acompañada por un error en el momento de reconocimiento y por tanto una velocidad inadecuada.

Situación 2:

‘Reducción del espacio de conducción debido a la pérdida de control del vehículo oponente’. Representa el 20 % del total.

En esta situación, todas las posibles causas vienen dadas por el vehículo oponente. Estos accidentes representan el 20% de las colisiones dentro de esta situación. Existen muchas posibles configuraciones sobre este tipo de accidentes, pero la más común es la pérdida de control debido a un error del oponente (25%), especialmente debido a la alta velocidad o a la decisión errónea durante el trayecto. Aunque ésta es la principal causa de accidente, el entorno contribuyó en más del 30% de los casos. Por ejemplo, la mala condición de la superficie o incluso la complejidad de la carretera (carretera estrecha) podría ser considerado como causa en el 10% de los accidentes.

Retrocediendo a los accidentes debidos al vehículo oponente, obviamente el estado del conductor oponente ha sido considerado como relevante. En el 20% de los accidentes, estos han sido considerados como factor causa (teniendo en cuenta que en el 10% de estos, había un incapacidad por alcohol, y en el otro 10% existía un bajo nivel de atención).

Situación 3:

‘Mismo carril pero el oponente está parado’. Representa el 22% del total.

Los 96 accidentes están localizados o en vías de una sola calzada (56%) o de doble (40%), entre dos vehículos de pasajeros en una colisión trasera. Estos accidentes son debidos al fallo (‘Detección tardía de la reducción de velocidad del vehículo delantero’) del vehículo estabilizado el cual está circulando y debido al bajo nivel de atención y a la baja distancia de seguridad, éste colisiona con el vehículo delantero. En estos accidentes, no hay un problema relacionado con la velocidad del vehículo estabilizado.

Situación 4:

‘Mismo carril pero una velocidad menor del oponente’. Representa un 7% del total.

Este tipo de accidentes podría ser considerado similar al caso 3, pero ahora la diferencia reside en el vehículo objetivo. En vez de estar parado, se encuentra circulando a una velocidad inferior mientras que el vehículo estabilizado viene desde atrás e impacta contra el primero. A primera vista, se podría pensar que el mecanismo del accidente y las causas del accidente son muy similares a los encontrados en la situación previa 3 (en aquellos accidentes, las principales causas de accidente vinieron por parte del vehículo estabilizado) pero los análisis en profundidad de la información demuestran que es el vehículo oponente (vehículo objetivo) el que resulta ser la causa del accidente. La muestra estaba formada por 33 casos que dependían de este escenario.

La localización de este accidente es fuera de área urbana (72% de los accidentes), y curiosamente ocurría más frecuentemente en vías de doble calzada (56%) que en las de una sola. La cantidad de accidentes durante la noche es superior comparado con el escenario 3c (25% en vez del 16% del otro caso). Como en el escenario previo, este tipo de accidentes ocurre en tramos rectos (85%), pero la mayor diferencia con el escenario previo está relacionada con el tipo de colisión. Mientras que en el anterior escenario el tipo de colisión era trasera mayoritariamente, en el presente hay muchas colisiones laterales (17%).

Situación 5:

‘Mismo carril pero con el vehículo oponente retrocediendo’. Representa el 7% del total.

El número de accidentes fue de 32, lo que significa un 7% de los accidentes estabilizados. El mecanismo del accidente asociado a este escenario podría incluir diferentes situaciones ya mencionadas previamente. En este caso, el vehículo oponente viene desde atrás e impacta al vehículo estabilizado. Aunque esta explicación general no detalla qué estaba haciendo cada tipo de vehículo, desde el punto de vista del vehículo oponente, este vehículo podría estar en alguna de las tres situaciones siguientes:

- El vehículo oponente podría ser también el vehículo estabilizado perteneciente a la situación estabilizada 3.
- El vehículo oponente podría ser también el vehículo estabilizado perteneciente a la situación estabilizada 4.
- El vehículo oponente podría estar haciendo una maniobra específica y colisionar contra el vehículo estabilizado el cual se encuentra delante de éste.

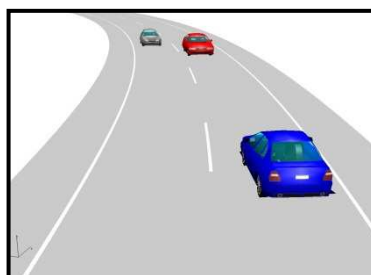
Por tanto, a priori, las configuraciones finales y resultados de los respectivos análisis, deben ser diferentes de los de los escenarios 3 y 4. Una descripción general de éstos muestra que la mayoría de los accidentes ocurren fuera de zona urbana, en una vía de doble calzada (74%) y en sección recta (85%). Atendiendo a las principales características, podría parecer difícil entender por qué estos accidentes ocurren en estas localizaciones. Si prestamos atención a las condiciones de visibilidad, un alto porcentaje de estos accidentes ocurren durante la noche (cerca del 40%), lo que significa que las condiciones de visibilidad son limitadas. También se observan otro tipo de “condiciones degradadas” como meteorología adversa (niebla, lluvia...)

C. ESCENARIOS

Escenario 1

‘Vehículo que ve invadido su carril por otro que está realizando un adelantamiento’

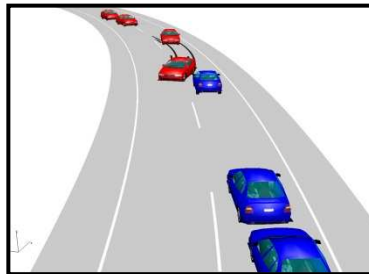
Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, se ve envuelto en un accidente con más de un vehículo. Este conductor (vehículo de color azul en la Figura) estaba realizando una conducción normal. El vehículo que lo confronta (llamado “vehículo oponente” de color rojo) está realizando un adelantamiento y se reduce su espacio de conducción. La Figura siguiente muestra esta situación.



Escenario 2

‘Reducción del espacio de conducción debido a la pérdida de control de un oponente’

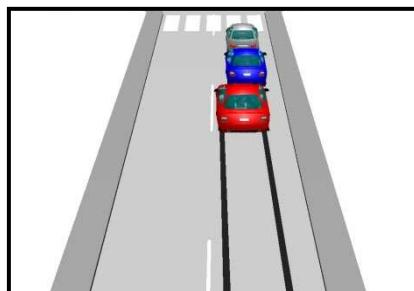
Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, se ve envuelto en un accidente con más de un vehículo. Este conductor (vehículo de color azul en la Figura) estaba realizando una conducción normal. El vehículo que lo confronta (llamado “vehículo oponente” de color rojo) se encuentra fuera de control y se reduce su espacio de conducción. La Figura siguiente muestra esta situación.



Escenario 3

‘Mismo carril pero con el vehículo oponente parado’

Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, se ve envuelto en un accidente con más de un vehículo. Este conductor (vehículo de color azul en la Figura) estaba realizando una conducción normal. El vehículo que lo confronta (llamado “vehículo oponente” de color gris) se encuentra enfrente de él, en el mismo carril pero parado. La Figura siguiente muestra esta situación.

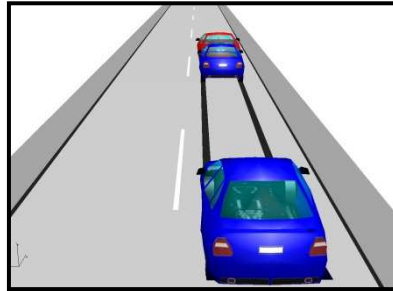


Situación 4

‘Mismo carril pero con una velocidad de oponente menor’

Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, se ve envuelto en un accidente con más de un vehículo. Este conductor (vehículo de color azul en la Figura) estaba realizando una conducción normal. El vehículo que lo confronta (llamado “vehículo oponente” de color rojo) se

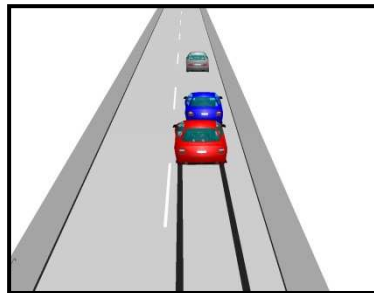
encuentra enfrente de él, en el mismo carril pero con una velocidad inferior. La Figura siguiente muestra esta situación.



Situación 5

‘Mismo carril pero el oponente está retrocediendo’

Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, se ve envuelto en un accidente con más de un vehículo. Este conductor (vehículo de color azul en la Figura) estaba realizando una conducción normal. El vehículo que lo confronta (llamado “vehículo oponente” de color rojo) se encuentra enfrente de él, en el mismo carril pero con una velocidad inferior. La Figura siguiente muestra esta situación.



3.1.2 Análisis estadístico atropellos vehículo-peatón

A. INTRODUCCIÓN

Se denomina atropello a aquel en el que se ven implicados una unidad de circulación y un peatón o animal. La cuestión va más allá y radica en determinar que comprende el término atropello, para algunos autores, se considera también atropello: a la colisión entre vehículos donde existe una gran desproporción de masas entre ellos, tal es el caso del atropello hacia ciclistas y motoristas. De tal manera que la desproporción entre vehículos hace que exista una equivalencia entre las lesiones que presentan los ciclistas y motoristas atropellados y los peatones que sufren atropello. No obstante sería más recomendable considerar estos casos como lo que son, colisión entre vehículos. Asimismo, en España se distingue los atropellos ocasionados a peatones y los atropellos producidos sobre animales. Entre los atropellos a peatones se distingue:

- Aquellos que permanecen en la vía, aislados o en grupo, los atropellos a peatones que se encuentran sosteniendo una bicicleta, los atropellos a peatones que se encuentran reparando un vehículo y los atropellos de los conductores de animales.

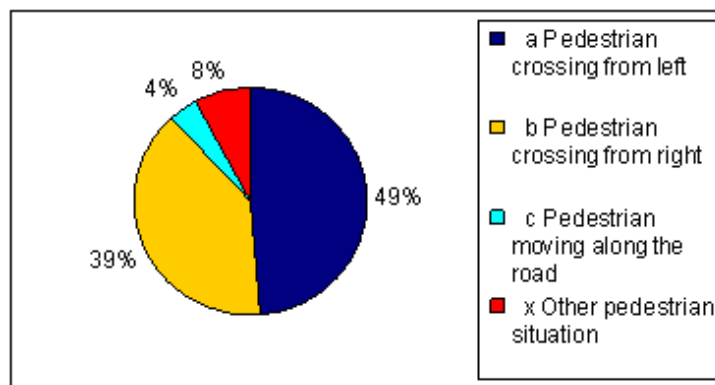
- Dentro de los atropellos a animales se distinguen en función de que se trate del atropello a un animal conducido o a un rebaño, o bien los atropellos producidos a animales sueltos.

B. DATOS ESTADÍSTICOS

Situación relativa al atropello de peatones.

Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica y sin cruzar ninguna intersección, colisiona con un peatón.

El número de accidentes analizados relacionados con este escenario fue de 117 casos (esto significa el 7% de todas las situaciones estabilizadas), siendo casi un 80% de los casos en los que los peatones cruzaban la vía (situaciones a y b). Observar en la siguiente figura la distribución de porcentajes según la posición del peatón en la vía en el momento del accidente.



3.2. - Distribución de porcentajes según la posición del peatón

Como indica la figura, dentro de esta situación encontramos tres posibilidades según la posición del peatón en la vía en el momento del accidente:

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Situación a:

‘Peatones cruzando desde la izquierda’

Este tipo representa casi la mitad de los accidentes con peatones. Algunas características generales son:

- 61% en zonas urbanas
- 72% con buen tiempo
- 51% de día
- 65% en una vía recta
- 61% fue un error del peatón (error de reconocimiento o por cruzar donde no debía)
- En la mayoría de los casos el conductor era un varón con experiencia (5 años o más)

Dos principales escenarios han sido identificados para este sub-escenario:

- El peatón está cruzando la autovía sin obedecer las normas de tráfico.
- Se identifica un error cometido por el peatón.

Situación b:

‘Peatones cruzando desde la derecha’

Esta situación reúne 46 casos. Las características de estos accidentes son bastante similares a las previas: conductor varón con más de 10 años de experiencia, conduciendo a lo largo de un tramo recto en un área urbana bajo buenas condiciones climatológicas y de día.

Los Fallos de las Funciones Humanas detectados:

- ‘P1C’ (el conductor fue sorprendido por un peatón que no era visible cuando el vehículo se aproximaba) en el 65% de las ocasiones
- ‘P2C’ (usuarios del vehículo centran su atención en una fuente de información atendiendo a la importancia de la fluidez del tráfico) en un 20% de las ocasiones.

Estos datos implican que en estos accidentes, el conductor del vehículo de pasajeros, fue sorprendido por el peatón en condiciones de visibilidad reducida, y también que el conductor estaba focalizando su atención hacia la fuente de información respecto a la importancia del flujo de tráfico.

Situación c:

‘Peatón caminando a lo largo del lateral derecho’

No muchos accidentes de este tipo fueron registrados en la base de datos en profundidad (sólo 5 casos, que representan el 4% de las situaciones del tipo 1). Para los pocos accidentes encontrados, el más común factor humano de fallo (HFF, Human FailureFacts) encontrado fue que el conductor es G2A ‘Alteración de las capacidades de negociación de trayectorias’. Debido a los pocos casos de que se disponen, es difícil establecer patrones comunes de los peatones y de otros vehículos, así de lo que concierne al análisis de los riesgos.

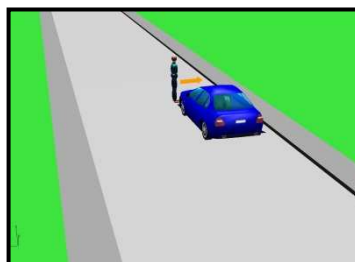
C. ESCENARIOS

A raíz de los principales resultados obtenidos después muestran las principales configuraciones o escenarios, obtenidos a partir de los parámetros comunes.

Escenario A

‘Peatón cruzando desde la izquierda’

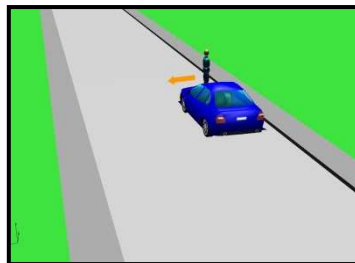
Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, colisiona con un peatón cruzando desde la izquierda. La siguiente figura muestra esta situación



Escenario B

‘Peatón cruzando desde la derecha’

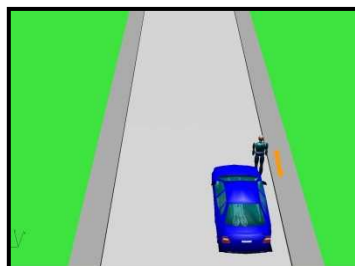
Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, colisiona con un peatón cruzando desde la derecha. La siguiente figura muestra esta situación



Situación C

‘Peatón caminando a lo largo de la calzada por el lado derecho’

Un conductor, sin realizar ninguna maniobra específica, sin cruzar ninguna intersección, colisiona con un peatón cruzando desde la derecha. La Figura siguiente muestra esta situación:



3.2 Fase 2: ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS

3.2.1 Tecnologías de detección

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de estos sistemas de detección Pre-Crash para detección de vehículos y peatones:

A. Sistema Pre-Crash con función de reconocimiento de vehículos(VehicleRecognition).

El Pre-Crash es un sistema global que integra una serie de sub-sistemas con el objetivo de conseguir avisar al conductor y, en algunos casos, adaptar el vehículo a un más que posible accidente en los instantes siguientes.

Resulta, quizá, un tanto forzado incluir este sistema entre aquellos denominados Sistemas de Asistencia a la conducción, porque no trata de ayudar al conductor ni de evitar un accidente: simplemente, avisa de dicho acontecimiento y, en ocasiones, adecua el vehículo al mismo.

Básicamente, consiste en crear un 'entorno' de vigilancia alrededor del automóvil, de forma que gracias a la información que nos proporciona el estado dinámico del mismo, se es capaz de discernir cuándo se puede producir un accidente, dando un margen de maniobra al conductor para poder modificar este hecho.

Dicho entorno se puede crear utilizando sistemas ya existentes: podemos vigilar la parte frontal del vehículo gracias a las cámaras del LDW o el radar del ACC, los laterales se puede monitorizar con las cámaras del LCA y la parte posterior con una cámara específica o con una cámara que pueda servirnos como asistente al aparcamiento. Con esta información y la generada por el propio vehículo (velocidad, giro de volante, guiñada, etc., toda ella integrada en la red CAN), se puede estimar cuando se es susceptible de sufrir un accidente y avisar mediante información visual o acústica al conductor.

El Pre-Crash es una primera fase de lo que se denomina "CollisionAvoidance". La principal limitación del sistema es que únicamente avisa de la proximidad de un accidente. Por otra parte, el sistema requiere cierta complejidad de cálculos, por lo que la potencia de cálculo embarcada ha de ser alta.

B. Sistema Pre-Crash con función de reconocimiento de peatones (Pedestrianrecognition).

El principal objetivo de los fabricantes es desarrollar una tecnología de video que asista al conductor con la detección y reacción ante situaciones potencialmente peligrosas con peatones.

El hecho de que cada año mueran peatones atropellados por coches en diferentes tipos de intersección y situaciones, hace que los fabricantes sientan una gran motivación para que en un futuro próximo puedan incorporar de forma definitiva, sistemas de detección de peatones. Hay muchos fabricantes trabajando en estos proyectos y algunos vehículos como el nuevo BMW serie 7 ya incorporan como opcional el reconocimiento de peatones.

El principal problema en estos sistemas es lograr distinguir a peatones de otros objetos estáticos o dinámicos que se encuentren en el ámbito del tráfico.

Para llegar a la correcta detección de peatones han surgido diferentes tecnologías dentro del área de visión artificial, tales como:

- Detección completa:

Los detectores están preparados para buscar peatones en el marco del video escaneando el marco entero. El detector se activará si la imagen que hay dentro del marco es similar a la de una persona humana. Uno de los puntos en contra de esta tecnología es que se puede ver fácilmente afectada por las condiciones ambientales.

- Detección basada en partes:

Los peatones son concebidos como un conjunto de partes. Estas partes han sido previamente descritas y definidas e introducidas en la memoria de los sistemas de detección. Las diferentes medidas que podemos encontrar en diferentes personas y el hecho de que la ropa pueda tapar las conexiones entre las diferentes “partes” complican la detección de los peatones.

- Detección basada en parches:

Los peatones son reconocidos gracias a una codificación anterior que ha recibido el equipo con apariencias locales, durante el proceso de entrenamiento del sistema. Finalmente el proceso de detección es muy similar a la detección basada en partes, sigue teniendo un alto riesgo de no funcionar en diferentes ocasiones.

3.2.2 Sensores de detección

Los sensores más utilizados para las tecnologías de detección dentro de los sistemas ADAS, son los que se citan a continuación:

- Radar
- Lidar
- Cámara

Por este motivo en esta fase del proyecto se ha hecho un estudio del arte de estas tecnologías utilizadas dentro de los ADAS (Advanced Drive Assistance Systems) y más en concreto en los sistemas Pre-Crash de detección de vehículos y peatones.

A. RADAR

Esta tecnología utiliza ondas electromagnéticas para identificar la extensión, la altitud, la dirección y la velocidad de los objetos fijos y móviles. Como más corta sea la longitud de onda de los rayos, mejor es la imagen del objeto reflejado.

- Funcionamiento del sistema

Con los métodos del TOF (Time of Flight), el transmisor del radar se programa con una tasa de repetición previamente especificada, causando la emisión de golpes repetitivos de energía. La energía que vuelve reflejada del objetivo es detectada y procesada para determinar la distancia de ida y vuelta como una función del tiempo transmitido de la prolongación. Si el radar es la fase coherente (es decir, la fase en la cual la energía reflejada es conocida respecto a la transmitida), también es posible calcular la información del Doppler (la velocidad del blanco) asociada con cada retorno.

Para cada una de las ondas reflejadas, el objeto tiene que producir una discontinuidad eléctrica. En las frecuencias de radio, un objeto metálico produce una reflexión importante, pero los objetos no metálicos, como pérdidas, producen reflejos más débiles y muchos materiales producen una reflexión no detectable, lo que significa que algunos objetos o características son efectivamente invisibles a las frecuencias de radar.



Figura 3.3.- Sensor radar – Fuente: Continental

- Principales Ventajas
 1. La débil señal de radio que se recibe puede ser fácilmente modificada.
 2. Habilidad para detectar a través del humo, niebla y polvo.
 3. Bueno para la detección eléctrica de materiales conductores como metales o fibra de carbono.
 4. Puede ser utilizado para detectar targets móviles (vehículo o peatón).
 5. Calcula la distancia del target desde el vehículo y además, calcula la velocidad relativa radial al vehículo.

- Tipos de radares utilizados

- Radar microondas

Frecuencia – 3 hasta 30 Ghz y Longitud de onda -1 hasta 10cm.

- Ventajas

Es ideal para largas distancias, con sonidos causados por las longitudes de ondas, que minimizan la atenuación atmosférica y bloquea para precipitaciones y otras condiciones meteorológicas adversas.

- Inconvenientes

La susceptibilidad a la reflexión especulativa, “backscatter”, y los problemas multidireccionales, reducen la resolución cuando se comparan con las ondas del radar milimétricas y la longitud de onda más larga que lleva componentes voluminosos y antenas de grandes dimensiones.

- Milímetro – Radar de ondas

Frecuencia – 30 hasta 300GHz y longitud de onda -1 hasta 10mm.

- Ventajas

Debido a su longitud de onda más corta, tienen más atenuación atmosférica que influye en su menor capacidad de margen en comparación con los sistemas basados en microondas.

También tienen un margen preciso y medidas dobles, requisitos de fuerza menores, los componentes del sistema son más pequeños y efectos reducidos de multidireccionalidad y backscattering.

Además las frecuencias más elevadas producen transmisiones con un ancho menor, dando lugar a una información más precisa de la naturaleza de los objetos del entorno.

- Aplicaciones del dispositivo en las tecnologías ADAS:

Para conocer y comprender el funcionamiento de los sistemas radar, nos podemos fijar en los sistemas Pre-Crash de detección de vehículos dado que muchos de ellos están en el mercado y hay un acceso más fácil a las características del mismo así como la tecnología radar utilizada. En cambio, para los sistemas Pre-Crash de detección de peatones la tecnología radar se encuentra todavía en desarrollo.

B. LIDAR

LIDAR (un acrónimo del inglés Light Detection and Ranking o Laser ImagingDetection and Ranking) es una tecnología que permite determinar la distancia des de un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un foco láser pulsado.



Figura 3.4. – Sensor lidar – Fuente: Ibeo

De la misma manera que sucede con la tecnología radar, donde se utilizan ondas de radio en vez de luz, la distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. En general, la tecnología LIDAR tiene aplicaciones en geología, sismología y física de la atmósfera.

Es mucho más rápido en circunstancias normales, se puede llegar a obtener la velocidad del vehículo o peatón reflejado en sólo 3 décimas de segundo.

Por el hecho de emitir un foco de láser, el foco no difiere tanto y es mucho más estrecho que el Radar, que se dispersa y rebota en el entorno. El foco láser un cono muy estrecho. A unos 500 metros tiene una anchura aproximada de 2,5 metros de diámetro, con el que se puede apuntar con la pistola a un target concreto y determinar su velocidad, aunque hayan más coches circulando a su alrededor. Por lo tanto, puede utilizarse en tráfico intenso apuntando a los vehículos que se elijan. Además, por el hecho de funcionar de esta manera y con su rapidez, la detección, con detectores que se encuentran instalados en vehículos iluminados por el foco es bastante ineficaz, ya que, cuando el detector alerta de la presencia del láser, ya es demasiado tarde y la pistola ya habrá obtenido su velocidad.

Los sensores basados en láser deben ser expuestos, el sensor (una gran caja negra) se encuentra normalmente en el Offset más bajo en un lado del vehículo.

- Principales Ventajas

Es más fácil de utilizar, transportar y mantener. Es más económico que un radar. Puede funcionar como el Radar, de noche, con lluvia, des de los puentes, en vehículos estacionados, en modo automático o manual, etc.

Tal y como se veía anteriormente, en las frecuencias del sensor radar, un objeto metálico produce una reflexión importante, pero los objetos no metálicos, como pérdidas, producen reflejos más débiles y muchos materiales producen una reflexión no detectable. Los láser proporcionan la solución a este problema, porque en un láser las densidades de transmisión y coherencia son excelentes. Además, las longitudes de onda son mucho más pequeñas que las ondas de radio y el margen del alrededor de 10 micrómetros a UV (ca.250 nm). Con estas longitudes de onda, las ondas son “reflejadas” muy bien desde los objetos pequeños. Pero también tiene la desventaja de tener menos margen.

- Principales Desventajas

Los sistemas láser no detectan el rastro de los vehículos bien en condiciones de tiempo atmosférico desfavorable o no captan bien los vehículo extremadamente sucios (no reflejan).

Las actuaciones de la tecnología LIDAR son comparables con la tecnología RADAR, pero es significativamente más económica. El sensor es insensible a los ruidos y reconoce las limitaciones de visibilidad (por ejemplo, la niebla).

- Aplicaciones del dispositivo en las tecnologías ADAS:

Los sensores radar se instalan en los sistemas Pre-Crash tanto de detección de vehículos como de peatones.

C. TECNOLOGIA DE LA CAMARA



Figura 3.5. – Sensor Cámara – Fuente: Continental

Evaluación de sistemas de seguridad activa

El sistema de visión provee la forma geométrica del vehículo target y su localización relativa al vehículo o peatón que se está detectando.

- Tipos de cámaras utilizadas

- Cámara IR Domain

Frecuencia – 30 hasta 300 GHz

Longitud de onda -1 hasta 10 mm

- Ventajas utilizar IR

Permite calcular el ratio de aspecto del cuerpo, con el cual los peatones pueden ser distinguidos de los demás cuerpos emisores como por ejemplo los coches, camiones, etc.

- Desventajas de utilizar IR

1. Las grandes diferencias del entorno reducen la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el fondo, modificando los rastros térmicos de los cuerpos.
2. A una temperatura elevada, los colores y los tipos de ropa que la gente lleva introducen texturas en las imágenes.
3. Contrariamente en caso de temperaturas extremadamente bajas la ropa evita que el cuerpo se exponga.
4. Los objetos cargados por la gente pueden provocar dificultades mientras se calcula el ratio del aspecto.

- Análisis del problema

1. Disposición del sistema de visión: el Mapping entre el sistema de la imagen y la coordinación del Mundo requiere una correcta localización.
2. Mientras se calibra una carretera plana de 40 metros, esta provoca errores en subidas y bajadas, pero no es alta para distancias inferiores a 20 metros.

- Cámara CCD

El CCD es un dispositivo analógico. Cuando la luz incide en él, el chip crea una pequeña carga eléctrica en cada sensor. Las cargas son convertidas de voltaje a píxel una vez son obtenidas del chip. Adicionalmente la circuitería convierte el voltaje en información digital.



Figura 3.6. – Sensor Cámara – Fuente: Continental

El CCD es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso.

El CCD es un sensor con diminutas células fotoeléctricas que registran la imagen. Desde allí la imagen es procesada por la cámara y registrada en la tarjeta de memoria.

La capacidad de resolución o detalle de la imagen depende del número de células fotoeléctricas del CCD. Este número se expresa en píxeles. A mayor número de píxeles, mayor resolución. Pueden ofrecer datos de imagen de 12 bit con 30 frames por segundo.

- Ventajas CCD

Predice la trayectoria del vehículo, pueden captar movimientos de alta velocidad, elevados ratios de frame.

- Desventajas CCD

Problemas en curva, alto coste, problemas en condiciones de visibilidad adversa (niebla...)

3.3 Fase 3: ESTADO DEL ARTE DE LOS ESTANDARES

A continuación se recopilan las normativas y estándares relacionados con los sistemas ADAS y que se encuentren relacionados con las tecnologías Pre-Crash de detección de vehículos y peatones.

Los sistemas ADAS denominados ACC (AdaptiveCruise Control) y el ACC Stop &Go, son los sistemas que más se asemejan a los sistemas Pre-Crash y que disponen de más normativas y estándares, dado que son los que más tiempo llevan en el mercado.

Las normativas ISO relacionadas a estos sistemas son las siguientes:

- **ISO 15622:2002** Transport information and control systems – Adaptive Cruise Control Systems – Performance requirements and test procedures [15622]
- **ISO/DIS 22178** Intelligent transport systems – Low speed following (LSF) systems – Performance requirements and test procedures, (específicoparaensayos a bajavelocidad). Los escenarios de ensayo son:
 - Test1: Target discrimination test
 - Test 2: Automatic deceleration test
 - Test 3: Automatic re-targeting capability test (Type 2 LSF system only)
 - Test 4: Curve capability test
- **ISO/DIS 22179** Intelligent transport systems – Full speed range adaptive cruise control (FSRA) systems – Performance requirements and test procedures, (paratodo el rango de velocidadesposibles en estossistemas). Los escenarios de ensayo son:
 - Test 1: Target discrimination test
 - Test 2: Curve capability test
- **SAE J2399** AdaptiveCruise Control (ACC) OperatingCharacteristics and User Interface [J2399] (sobre las características operacionales de la interfaz del sistema).

- **NHTSA-ncapTPforwardcollisionwarning** (Es el standard Americano basado en sistemas Pre-Crash. Los escenarios de ensayo son:

- Test 1: Subject Vehicle (SV) Encounters Stopped Principal Other Vehicle (POV) on a Straight Road
- Test 2: Subject Vehicle (SV) Encounters Decelerating Principal Other Vehicle (POV)
- Test 3: Subject Vehicle (SV) Encounters Slower Principal Other Vehicle (POV)

Como anteriormente hemos podido comprobar en nuestro estudio accidentológico, los accidentes siguen siendo un porcentaje muy elevado de muertes anuales alrededor de todo el mundo. En Estados Unidos y Europa hay más de 4 millones de accidentes anuales. Por ese motivo, son muchas las iniciativas y proyectos de investigación basados en los sistemas ADAS que en la actualidad y en el futuro nos ayudarán a evitar gran parte de estos accidentes. Estas iniciativas están lideradas principalmente por diferentes empresas automovilísticas mundiales y respaldadas en muchos casos por ayuntamientos, ministerios y otras compañías del sector que invierten en estos sistemas avanzados a la conducción, para mejorarlos y poder lograr así vehículos más seguros. Por lo tanto, el funcionamiento de estos sistemas significaría una gran ayuda para la reducción de los accidentes.

Estos proyectos se basan en la compilación de los estándares y normativas de los sistemas ADAS, para que cuando se ensayen dichos sistemas, hayan unos requerimientos previos que estos sistemas deban cumplir.

Algunos de los proyectos e iniciativas que encontramos a nivel mundial quedan descritos a continuación:

A. INICIATIVAS A NIVEL EUROPEO

- **PROYECTO eVALUE**



En este proyecto como en el resto de iniciativas, se pretende conseguir un entorno de ensayo lo más real posible para poder ensayar y mejorar los sistemas ensayados, en un entorno seguro y controlado con la finalidad de hacerlos más fiables y seguros para su uso en la realidad.

El propósito principal de esta iniciativa es definir unos métodos de evaluación y testeo para los sistemas de seguridad basados en ICT. El proyecto pretende identificar la evaluación y los métodos de ensayo especialmente en la rama de los sistemas de seguridad activa, cubriendo las necesidades del usuario, medioambientales y los aspectos económicos. La existencia de unos métodos de evaluación y unas pruebas estandarizadas sobre estos sistemas, tienen como objetivo incrementar la conciencia sobre el uso de estos sistemas y crear una mejora en la aceptación sobre estos, creando así unas consecuencias positivas en los accidentes de tráfico.

- **INICIATIVA eSafety**



Se trata del pilar primordial en la Iniciativa para el Vehículo Inteligente, es una iniciativa conjunta de la Comisión Europea, industria y otros organismos donde su objetivo principal es acelerar el desarrollo, despliegue y utilización de Sistemas Inteligentes de Seguridad Integrados. Estos sistemas utilizan tecnologías de la información y la comunicación en soluciones inteligentes, con el fin de incrementar la seguridad en carretera y reducir así el número de accidentes en las carreteras Europeas.

- **Proyecto aide**



Este proyecto planea diseñar, desarrollar y validar un Interfaz Adaptativo Integrado Conductor-vehículo genérico, el cual podría aportarnos beneficios como:

- Maximizar la eficacia de uso individual o combinada de los asistentes avanzados de asistencia a la conducción (ADAS). El proyecto AIDE debería demostrar los beneficios significativos que podría aportar esta idea a estos sistemas.
- Reducir el nivel de carga de trabajo y distracción en el conductor. El proyecto debería demostrar la reducción del nivel de carga de trabajo y distracciones que aporta en comparación a otras soluciones existentes.

- Crecimiento de la facilidad de uso de nuevas tecnologías dentro del vehículo. En este objetivo el proyecto debería demostrar que las nuevas tecnologías dentro del vehículo se pueden disfrutar con un decremento del riesgo de accidentes.

- **Proyecto Humanist**



Uno de los objetivos principales de este proyecto se basa en crear un Centro Europeo Virtual que permitirá lo siguiente:

- Reforzar el estudio de R+D, valiéndose de entradas potenciales procedentes de la industria europea.
- Harmonización de la seguridad en la carretera y aproximación de los beneficios sociales que pueden aportar los sistemas ITS.
- Rápida reacción para cualquier nuevo desarrollo tecnológico.

- **Proyecto PReVENT**



La visión del proyecto integrado PReVENT es crear una zona electrónica de seguridad alrededor de los vehículos desarrollando, integrando y demostrando un conjunto de funciones complementarias de seguridad. La lucha por la comprensión de esta visión ha sido continua desde el inicio de las actividades a partir de finales de los años 1980 como el proyecto Prometheus y el Drive I en el marco del Programa 2, donde la detección de incidentes y sistemas de información para el transporte y el tráfico, la dirección y la cooperación entre los vehículos fueron clasificados entre el corazón de las áreas de investigación R+D.

- **Proyecto In-Safety**



Esta iniciativa combina el uso inteligente, intuitivo y eficiente de las nuevas tecnologías y el mejor uso de las aplicaciones en las infraestructuras tradicionales, con el objetivo de mejorar el uso de las carreteras.

La principal ambición del proyecto IN-SAFETY es contribuir de una manera significativa en la optimización y mejora de la seguridad en la carretera, utilizando todos los recursos disponibles.

- **FESTA: Field operational test support action**

Este proyecto tiene por objetivo la creación de un libro blanco sobre FOTs para definir la metodología, mecanismos y buenas prácticas necesarias para poner en marcha FOTs. FESTA pretende no sólo cubrir aspectos o recomendaciones técnicas sino también cuestiones de gestión, análisis de datos y estimaciones sobre el impacto socio-económico de las tecnologías. El libro blanco de FESTA podrá emplearse para la evaluación de Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción (ADAS) y Sistemas de información en vehículo (IVIS), tanto para sistemas autónomos como cooperativos.

Algunas de las acciones o estudios llevados a cabo por FESTA, y que serán de interés para el desarrollo del proyecto son:

- Definición de indicadores sobre seguridad vial, eficiencia en la gestión del tráfico, impacto medio-ambiental del transporte, comportamiento del conductor y aceptación de las tecnologías ITS.
- Diseño experimental de los FOTs sobre sistemas ITS para garantizar la calidad técnica de las pruebas y su posterior valía. Para ello, diferentes experimentos serán definidos en base a los sistemas ITS bajo evaluación y sus objetivos más concretos.
- Análisis estructural y modelado de los datos generados por los FOTs con el fin de comprobar adecuadamente el impacto de los sistemas bajo estudio en el comportamiento del conductor, su seguridad vial e impacto en la movilidad y gestión medio-ambiental.
- Definición de la planificación del desarrollo e implementación del FOT. En este ámbito, se considera indispensable abordar los aspectos legales y éticos derivados de los FOTs, los criterios para seleccionar los sistemas y tecnologías que serán analizados, definición de los resultados o conclusiones que se esperan extraer de las pruebas, escenarios en los que cada sistema debe ser evaluado, selección y preparación de los vehículos de pruebas, preparación de los participantes en el FOT, etc.
- Establecimiento del marco de evaluación de sistemas cooperativos que engloban tanto al conductor y su vehículo como infraestructura vial.
- Criterios para la selección e implementación de equipamientos nómadas en los vehículos.

Para la consecución de sus objetivos, el proyecto FESTA define una cadena de etapas genérica que sirve como modo guía para la realización de FOTs. El proceso a seguir puede resumirse en:

1. Selección de las funciones o sistemas a testear. Habitualmente se encuentran definidas desde un inicio, pero en caso de que no lo estén, se requerirá un análisis inicial. Básicamente se han de definir las funciones y sistemas cuyo impacto en la conducción en entornos realistas presenten un mayor interés pero no se disponga de ninguna demostración real.
2. Definición de los casos típicos en los cuales se deberán testear las funciones escogidas en el punto 1. Servirán para describir las fronteras sobre las cuales se han de evaluar las funciones.
3. Determinación de hipótesis y las denominadas *researchquestions*. Las *researchquestions* son cuestiones que deberán ser respondidas mediante la comprobación y el testeo de las hipótesis.
4. Definición de indicadores de rendimiento (PI, *Performance Indicators*). El empleo de estos indicadores proporcionará una medida necesaria para la evaluación de las hipótesis.
5. Elaboración de protocolos de experimentación. En este punto deberán definirse desde los participantes idóneos para cada test, hasta el entorno de evaluación y el diseño en sí del protocolo de experimentación a partir de la formulación de las hipótesis anteriores.
6. Análisis de datos. Tras un pre-testeo de los datos y una evaluación de la precisión y la consistencia de los mismos, en esta etapa los objetivos son el modelado adecuado de cada uno de los parámetros a medir, la selección de los estadísticos adecuados para su análisis y representación y el posible escalado o extrapolación de los resultados a niveles superiores.

- **EUROFOT: European large-scale field operational tests on in-vehicle systems**

El proyecto integrado EUROFOT es uno de los dos proyectos IP sobre FOTs financiados por la Comisión Europea en la *Call 2* del FP7, como ya se comentó anteriormente. EUROFOT empleará como base los resultados obtenidos en el proyecto FESTA para el testeo de sistemas inteligentes vehiculares. De hecho, 14 de los socios de EUROFOT participaron en el proyecto FESTA. En particular, EUROFOT se centrará en el establecimiento de un programa para la evaluación técnica y socio-económica del impacto de los sistemas inteligentes vehiculares sobre la seguridad vial, el medio ambiente y la eficiencia del tráfico. Los principales objetivos son los siguientes:

- Realizar múltiples pruebas coordinadas de sistemas inteligentes vehiculares con conductores ordinarios dentro del tráfico real.
- Investigar sobre el comportamiento del conductor y la aceptación de estos sistemas.
- Mejorar en seguridad y eficiencia basándose en los datos recogidos de la carretera.

EUROFOT analizará el impacto de los sistemas avanzados de asistencia al conductor y de seguridad preventiva en condiciones de tráfico vial reales. Para ello, el proyecto tiene previsto el análisis de hasta ocho funciones inteligentes, clasificadas en tres grupos y representadas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**5. Según las previsiones del proyecto, durante los 3 años de pruebas intervendrán 1500 vehículos de 9 fabricantes distintos, cada uno de ellos especializado en una o varias funciones específicas. Por un lado, se distribuirán un total de 460 *data loggers* en cerca de 500 vehículos (algunos *data loggers* serán periódicamente intercambiados entre diversos vehículos). Por otro, se estudiarán 1000 vehículos adicionales a través de encuestas sobre la función LDW (*LaneDepartureWarning*) y 50 vehículos

Evaluación de sistemas de seguridad activa

más serán equipados con dispositivos de comunicación para gestión de flotas para la recopilación de datos relativos a la eficiencia del consumo de gasolina.

Clasificación	Función
Asistencia al conductor sobre seguridad en la dirección longitudinal del vehículo – funciones de control longitudinal	AdaptiveCruise Control (ACC)
	Forward CollisionWarning (FCW)
	SpeedRegulationSystem (SL)
Asistencia al conductor para la detección de peligros a los lados del vehículo – funciones de control lateral	Blind Spot Information System (BLIS)
	Lane Departure Warning and Impairment Warning (LDW & IW)
Aplicaciones avanzadas	Curve SpeedWarning (CSW)
	Fuel EfficiencyAdviser (FEA)
	Safe Human/Machine Interface (Safe HMI)

Funciones a testear en el proyecto EUROFOT

Para alcanzar los objetivos propuestos, el proyecto EUROFOT se llevará a cabo en 3 fases:

- Fase 1: Especificaciones y pilotaje: especificación de funciones, hipótesis, selección de vehículos, conductores etc.
- Fase 2: Ejecución del EUROFOT: tras la instalación del equipamiento en los vehículos, los participantes conducirán de forma habitual y los datos que vayan recogiendo serán almacenados para su posterior análisis.
- Fase 3: Análisis del impacto: análisis de los datos recolectados por los dispositivos a bordo de los vehículos y de los recibidos por los propios conductores. Ello permitirá el análisis del comportamiento del conductor, su adaptación, la dinámica de los vehículos y la aceptación del sistema.

El proyecto EUROFOT se llevará a cabo en Italia, Francia, Alemania y Suecia (ver la siguiente figura) y el proceso de captación de conductores ya se ha iniciado. La situación exacta del proyecto a fecha de Diciembre de 2008 era la representada en la siguiente figura, siguiendo la guía de desarrollo de FOTs propuesta en el proyecto FESTA.

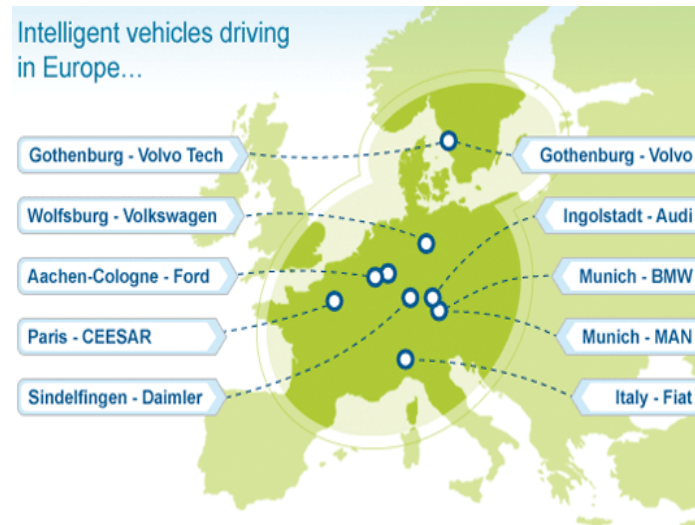


Figura 3.7. - Localización de los test-sites del proyecto EUROFOT

B. INICIATIVAS A NIVEL AMERICANO

- **TransportationResearchBoard**

Este proyecto consistió en la evaluación de la seguridad que tiene un peatón en las intersecciones. Las características y circunstancias de colisión en las que pueden verse envueltos los peatones, quedaron medidas en los diferentes tipos de intersección señalizadas.

Esta iniciativa también exploró la simulación de peatones, cruzando por los pasos de peatón, simulación de ancianos cruzando calles, visualización de peatones en lugares de visibilidad reducida, influencia de la dirección desde donde cruzan los peatones...

C. INICIATIVAS A NIVEL JAPONÉS

Las investigaciones y proyectos japonesas sobre sistemas avanzados de asistencia a la conducción llevan muchos años en marcha, a continuación se muestran algunos de los proyectos más significativos que se han llevado a cabo.

- **Artificial Vision**

El laboratorio de Ingeniería del ministerio de industria y tráfico internacional Japonés ya realizó algún proyecto hace muchos años.

En Japón se empezaron a desarrollar y experimentar con sistemas tipo ADAS en los años 70. Durante esa época el proyecto más importante fue el del desarrollo de un vehículo automático que usaba una máquina de visión artificial. El vehículo que aparece en la foto de más abajo estaba equipado con 2 cámaras de televisión, integradas en los laterales del vehículo. Durante los años 80 se empezó a desarrollar un sistema de radar para la detección de obstáculos.



Figura 3.8. - Modelo de vehículo inteligente con cámaras en los lados

- **Super Smart Vehicle System (SSVS)**

En los años 90, se decidió concretar un poco más sobre los proyectos que anteriormente habían sido tratados durante los años 70 y 80 y se creó la iniciativa Super Smart VehicleSystem (SSVS) que fue apoyada por el ministerio de industria Japonés.

3.4 Fase 4: DEFINICIÓN METODOLOGÍA DE ENSAYO

A continuación se describe la metodología de ensayo basada en la información recopilada en las fases anteriores.

3.4.1 Definiciones

A. Test Subject Vehicle (SV)

Vehículo principal sobre el cual se pretenden realizar los ensayos y evaluar su sistema. En nuestro caso, será uno de los vehículos equipados con los sistemas Pre-Crash de detección de vehículo y peatones. Sobre este vehículo el conductor realizará la maniobra principal que se desee analizar en el escenario.

B. Test Target Vehicle (TV)

Vehículo que debe ser detectado mediante el sistema de detección Pre-Crash del "SV". Este vehículo realizará las diferentes maniobras definidas por el protocolo.

C. Distancias

C.1. Distancia lateral

La distancia lateral es la distancia existente entre dos vehículos ubicados en paralelo en una misma carretera. (X_{lat})

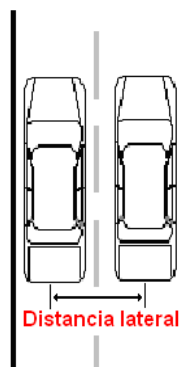


Figura 3.9. - Ejemplo de distancia lateral

C.2. Separación longitudinal

Es la distancia existente entre dos vehículos que se encuentran a lo largo del mismo carril.

Esta distancia se considera desde el parachoques trasero del vehículo más avanzado hasta el parachoques delantero del vehículo más atrasado. (Xlon)

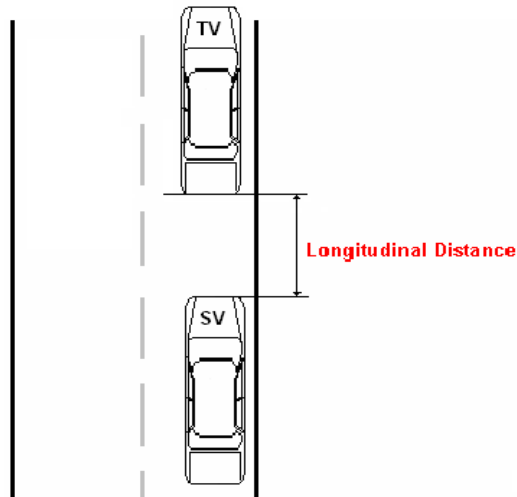


Figura 3.10. - Ejemplo de separación longitudinal

D. Tiempos

D.1. Marca de tiempo

Es el registro con la hora exacta a la que se genera un evento. Esta información la proporciona un sistema capaz de generar una referencia temporal y sirve para tareas de sincronización precisa.

D.2. Tiempo crítico

Se define como el tiempo que dispone el conductor para poder reaccionar ante una alerta recibida y evitar así el accidente. Transcurrido este tiempo sin que el conductor haya realizado ninguna maniobra evasiva (reducir velocidad, abortar la maniobra en curso), el accidente es inevitable.

D.3. Diferencia de tiempo

Es la diferencia de tiempo existente entre dos vehículos que circulan a una velocidad “v”, también queda relacionado con la distancia que les separa mediante: $t = s/v$.

D.4. Tiempo de reacción

Tiempo que tarda una persona en responder a un estímulo mediante una acción.

D.5. Tiempo de deceleración

Tiempo que necesita un vehículo para disminuir su velocidad hasta alcanzar la velocidad final deseada.

D.6. Tiempo de la máquina

Engloba el tiempo que tarda el sistema en proporcionar una alerta al usuario y el tiempo que tarda el vehículo en comenzar el frenado una vez el conductor ha accionado el pedal de freno.

D.7. Tiempo de colisión

Es el tiempo que existiría en caso de colisión entre el Host Vehicle (HV) y el Target Vehicle (TV). En algún escenario puede darse la situación de realizar una estimación de tiempo en la que se produciría la colisión. Este tiempo está relacionado con la velocidad relativa de los vehículos “v” y la separación entre ellos “s” por $t = s/v$.

$$T_{\text{colision}} = T_{\text{reaccion}} + T_{\text{deceleracion}} + T_{\text{maquina}}$$

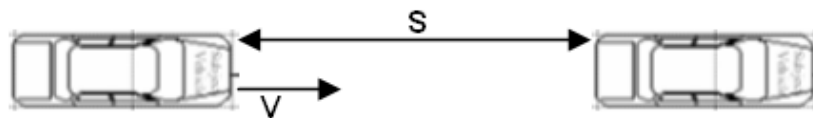


Figura 3.11. - Relación entre velocidad y espacio para la obtención de t

E. Velocidades

E.1. Velocidad de persecución

Se define como la diferencia entre la velocidad del Target Vehicle (TV) y la del Host Vehicle (HV). Si esta velocidad es positiva indica que el HV se está acercando al TV.

E.2. Velocidad de ensayo

Es la velocidad con la que se debe realizar el ensayo. Podemos definir tres rangos de velocidades distintas según los requerimientos del ensayo a realizar:

Evaluación de sistemas de seguridad activa

- Velocidad baja: desde 30 hasta 60 km/h.
- Velocidad media: desde 60 hasta 90 km/h.
- Velocidad alta: desde 90 hasta 120 km/h.

E.3. Velocidad constante

El vehículo sigue un movimiento en línea recta y con rapidez constante.

E.4. Velocidad relativa

Es el valor de la velocidad de un vehículo cooperativo medido por el otro.

E.5. Velocidad lateral

Es la velocidad con la que un vehículo cooperativo se desplaza horizontalmente.

F. Aceleraciones

F.1. Aceleración longitudinal

Magnitud vectorial que indica el ritmo o tasa con que aumenta o disminuye la velocidad de un móvil en función del tiempo.

F.2. Aceleración lateral

Es la responsable de la fuerza centrífuga que “empuja” al vehículo hacia el exterior de la curva.

3.4.2 Condiciones de ensayo

A. Condiciones medioambientales

Los escenarios deberán realizarse sobre:

1. Asfalto limpio y seco

2. Un rango de temperatura entre $20^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$
3. Con una visibilidad horizontal y mayor que 1km

B. Especificaciones de pistas de ensayo

Los escenarios se representarán en línea recta o curva. En caso de ser curva, la velocidad deberá ser ajustada para tener una aceleración lateral menor que $2,3 \text{ m/s}^2$ (de acuerdo con la ISO 15622:2002) y evitar así la activación del control de anti vuelco.

C. Requerimientos de los sistemas de medida

Los sistemas de medida deben cumplir las siguientes condiciones:

- Ser completamente independientes del sistema Pre-Crash
- Ser capaces de medir la distancia longitudinal entre vehículo si el target se encuentra en frente del subjectvehicle.
- Ser capaces de reaccionar con una señal de aviso.

3.4.3 Procedimiento de ensayo para detección de vehículos

3.4.3.1 Ensayo 1 – Target vehicle frenando

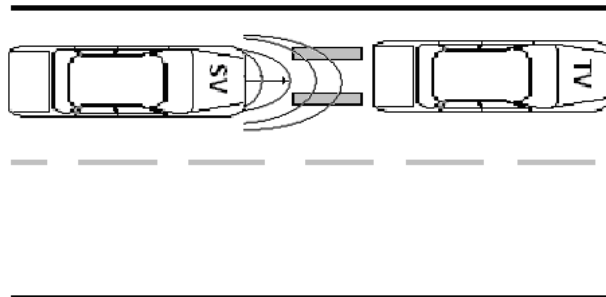
- Introducción

El principal objetivo de este escenario es el de simular un situación de frenado en la carretera. Este escenario prueba la capacidad de respuesta que tiene el sistema Pre-Crash durante una situación de frenada.

- Vehículos de ensayo

HV está equipado con sistema de Pre-Crash activado y sistema de posicionamiento.

TV está equipado con sistema de posicionamiento



- Datos necesarios para el ensayo

- Posición de los dos vehículos
- Distancia entre vehículos
- Velocidad relativa
- Velocidades
- Aceleración longitudinal de ambos vehículos

- Mediciones de ensayo y condiciones iniciales

Las medidas se inician cuando los vehículos verifican las condiciones iniciales que se muestran a continuación:

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Tipo de ensayo	Distancia Lateral entre TV y HV	Distancia Longitudinal entre TV y HV:
Baja velocidad	$\pm 0.5\text{m}$	$D_{\text{max}}: \tau_{\text{max}}(v_{\text{set_max}}) * v_{\text{set_max}}$
Alta velocidad		

- Procedimiento de ensayo

- TV acelera hasta alcanzar Vini
- HV sigue a TV de acuerdo a las condiciones iniciales
- Después de 3 segundos de que se hayan cumplido las condiciones iniciales, TV empieza a decelerar con $a_{\text{max-decc}}$
- TV reduce la velocidad hasta alcanzar Vfinal
- La grabación de datos empieza 3 segundos antes del movimiento de deceleración
- Se finaliza la grabación de datos 5 segundos después de haber alcanzado Vfinal.
- El ensayo se repetirá 5 veces para cada velocidad

- Variaciones de ensayo

Clase de ensayo	Vset	Vini	Vfinal	$a_{\text{max-decc}}$
Velocidad media	80 Km/h	80 Km/h	0 Km/h	-0.5 m/s^2
Velocidad baja	30 Km/h	30 Km/h	0 Km/h	-0.5 m/s^2
Velocidad media	80 Km/h	80 Km/h	0 Km/h	-2 m/s^2
Velocidad baja	30 Km/h	30 Km/h	0 Km/h	-2 m/s^2
Velocidad media	80 Km/h	80 Km/h	0 Km/h	-4 m/s^2
Velocidad baja	30 Km/h	30 Km/h	0 Km/h	-4 m/s^2

Evaluación de sistemas de seguridad activa

-Evaluación del ensayo

La evaluación se lleva a cabo según los resultados obtenidos durante los ensayos, bajo el criterio de la tabla que se muestra a continuación. El sistema se evaluará según el número de detecciones que efectúe correctamente dentro de los intentos definidos anteriormente en el protocolo.

CALIF. según funcionamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración del sistema	Muy mala	Mala	Pobre	Medianamente aceptable	Aceptable	Suficiente	Buena	Muy buena	Excelente	
Intentos OK (%)	10-20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	

3.4.3.2 Ensayo 2 – Target vehicle a menor velocidad

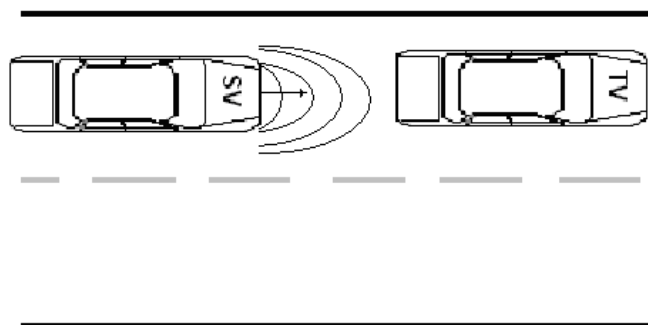
- Introducción

El principal objetivo de este escenario es el de simular una situación en la que el vehículo que le precede circula a una velocidad inferior. Este escenario prueba la capacidad de respuesta que tiene el sistema Pre-Crash durante una situación de alcance.

- Vehículos de ensayo

HV está equipado con sistema de Pre-Crash activado y sistema de posicionamiento.

TV está equipado con sistema de posicionamiento



- Datos necesarios para el ensayo

- Posición de los dos vehículos
- Distancia entre vehículos
- Velocidad relativa
- Velocidades
- Aceleración longitudinal de ambos vehículos

Evaluación de sistemas de seguridad activa

- Mediciones de ensayo y condiciones iniciales

Las medidas se inician cuando los vehículos verifican las condiciones iniciales que se muestran a continuación:

Tipo de ensayo	Distancia Lateral entre TV y HV	Distancia Longitudinal entre TV y HV:
Baja velocidad	$\pm 0.5\text{m}$	$D_{\max}: \tau_{\max}(v_{\text{set_max}}) * v_{\text{set_max}}$
Alta velocidad		

- Procedimiento de ensayo.

- TV acelera hasta alcanzar Vini
- HV acelera hasta Vset con una distancia superior a la Dmax
- La grabación de datos empieza cuando se alcanzan las condiciones iniciales
- La grabación de datos para 5 segundos después de que los vehículos se encuentren o el sistema Pre-Crash desacelere.
- El ensayo deberá repetirse 3 veces por cada velocidad

- Variaciones del ensayo.

Clase de ensayo	Vini	Vset	Distancia inicial
Baja velocidad	30 Km/h	50Km/h	D_{\max}
Baja velocidad	30 Km/h	65Km/h	D_{\max}
Baja velocidad	30 Km/h	75 Km/h	D_{\max}
Media velocidad	60 Km/h	90 Km/h	D_{\max}
Alta velocidad	90 Km/h	110 Km/h	D_{\max}

- Evaluación del ensayo.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

La evaluación se lleva a cabo según los resultados obtenidos durante los ensayos, bajo el criterio de la tabla que se muestra a continuación. El sistema se evaluará según el número de detecciones que efectúe correctamente dentro de los intentos definidos anteriormente en el protocolo.

CALIF. según funcionamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración del sistema	Muy mala	Malo	Pobre	Medianamente aceptable	Aceptable	Suficiente	Bueno	Muy bueno	Excelente	
Intentos OK (%)	10-20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	

3.4.4 Procedimiento de ensayo para detección de peatones

3.4.4.1 Ensayo A – Cruce de Peatón

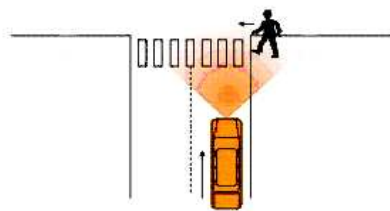
- Introducción

Este escenario tiene como objetivo la simulación de un cruce entre un vehículo y una persona cruzando la vía. El vehículo se aproxima a la zona del cruce, donde aparece un peatón cruzando desde la derecha o la izquierda según los requerimientos del ensayo a realizar.

- Vehículos de ensayo.

HV está equipado con sistema Pre-Crash activado.

TV (target), controlado por el sistema de control del laboratorio.



- Datos necesarios para el ensayo.

- Posición del peatón
- Posición del vehículo HV
- Distancia entre vehículo y peatón
- Velocidades
- Aceleración longitudinal del HV

- Procedimiento de ensayo.

- Peatón acelera hasta alcanzar V_{target}
- HV acelera hasta alcanzar V_{ini} y se acerca al cruce.
- La grabación de datos empieza cuando el HV y peatón alcanza las velocidades.
- La grabación de datos finaliza 5 segundos después de que el HV se pare.
- El ensayo deberá repetirse 3 veces por cada velocidad y distancia

- Variaciones del ensayo.

- Para un ensayo en intersección, las condiciones que deberán seguir el vehículo SV y el TV estarán de acuerdo a las características de la tabla siguiente:

Velocidad inicial	Velocidad target	Offset lateral	Maniobra Peatón
25 Km/h	3,6 Km/h	-50 %	Target proviene de la izquierda
25 Km/h	3,6 Km/h	0 %	Target proviene de la izquierda
25 Km/h	3,6 Km/h	50 %	Target proviene de la izquierda
25 Km/h	3,6 Km/h	-50 %	Target proviene de la derecha
25 Km/h	3,6 Km/h	0 %	Target proviene de la derecha
25 Km/h	3,6 Km/h	50 %	Target proviene de la derecha
25 Km/h	0 Km/h	-50 %	Target parado
25 Km/h	0 Km/h	0 %	Target parado
25 Km/h	0 Km/h	50 %	Target parado

- Evaluación del ensayo.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

La evaluación se lleva a cabo según los resultados obtenidos durante los ensayos, bajo el criterio de la tabla que se muestra a continuación. El sistema se evaluará según el número de detecciones que efectúe correctamente dentro de los intentos definidos anteriormente en el protocolo.

CALIF. según funcionamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración del sistema	Muy mala	Malo	Pobre	Medianamente aceptable	Aceptable	Suficiente	Bueno	Muy bueno	Excelente	
Intentos OK (%)	10-20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	

3.5 Fase 5: DISEÑO HERRAMIENTAS DE ENSAYO

3.5.1 Herramientas de ensayo para detección de vehículos

A continuación se analizan los requerimientos técnicos que deben cumplir las herramientas utilizadas en los ensayos para la realización de los diferentes ensayos definidos en el protocolo.

A. Requerimientos para los ensayos:

- Velocidad máxima del Target vehicle: El Target vehicle podrá alcanzar velocidades de hasta 120 Km/h si el escenario definido por el protocolo lo requiere.
- Velocidad delta máxima entre vehículos: velocidad relativa máxima en la cual se puede producir un impacto entre el subjectvehicle y el target vehicle. $V_{\text{deltamáx}} = 40 \text{ Km/h}$.
- Velocidad lateral máxima: 5 m/s.
- Precisión de distancia relativa entre vehículos: 3cm. La precisión relativa entre los vehículos nunca será mayor que 3 cm.
- Precisión de seguimiento de trayectoria del robot de conducción: La conducción debe ser capaz de realizar maniobras con una precisión de 3cm, independientemente de la maniobra que deba realizarse.
- Precisión de velocidad en la conducción: Para asegurar los parámetros mencionados anteriormente, durante la conducción se debe tener una precisión menor que 0,5 Km/h en su capacidad de proporcionar velocidad al Target vehicle.
- El target vehicle debe ser detectado por los sensores radar, lidar y cámara.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

- En los ensayos se deben grabar datos relativos al posicionamiento, velocidad, aceleración de los vehículos que intervienen en el ensayo.

B. Estudio de alternativas

A continuación se citan un estudio previo de las diferentes soluciones que hacen falta para llevar a cabo los ensayos requeridos por el protocolo para la evaluación de los sistemas que se tratan en el presente proyecto.

B.1 Target Vehicle

Para el caso de la realización de ensayos sobre los sistemas Pre-Crash, se ha requerido la ayuda de ninguna empresa que diseñe la estructura necesaria, el propio equipo de ingeniería del departamento diseñó la estructura y todas las partes que la componían.

Para esto se contactaron con varios proveedores siendo una empresa de ingeniería la única que podía ofrecer una solución acorde a las características solicitadas para la creación de esta herramienta.

A continuación se muestran algunos datos de la oferta realizada por el proveedor comentado.

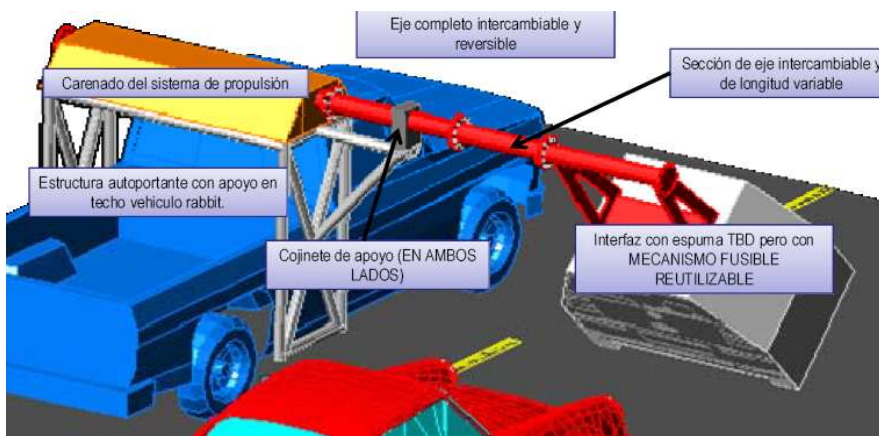


Figura 3.12 – Solución proveedor de estructura

Tras un estudio interno para el desarrollo de esta herramienta de ensayo y una valoración de las condiciones que ofrecía el proveedor para la realización de la solución propuesta, se llegó a la conclusión de que el precio final y el tiempo de espera para recibir la solución diferían de la estimación realizada para esta herramienta.

Evaluación de sistemas de seguridad activa




Por lo que se decidió llevar a cabo el diseño internamente y para su construcción se contactó y se realizó el trabajo con un proveedor local. El primero se trata de un taller de mecanización y técnico metálico, el cual realizó la estructura metálica que se incorporaría posteriormente al vehículo de ensayo que portaría al futuro vehículo detectable por los sistemas de detección ADAS.

B.2 Equipos de medición (GPS, Dataloggers)

Referente a las demás herramientas necesarias para la realización de los ensayos, restarían los GPS o sistemas de medición de la posición y los sistemas de adquisición. A continuación se detallan las tablas comparativas que se realizaron para la posterior elección del proveedor final.

Para la adquisición de los equipos de posicionamiento GPS, según los requerimientos necesarios descritos con anterioridad, estos debían ser lo más preciso posibles (unos 2 cm.). Se barajaron las diferentes posibilidades que ofrecía el mercado y llegó a las siguientes conclusiones:

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Nombre	Ventajas	Desventajas
OXTS RT (UK) 	<ul style="list-style-type: none"> -Precisión muy alta (2 cm) - Muy buena integración con robots de conducción - Experiencia de la empresa en este campo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio elevado
Racelogic VBOX (UK) 	<ul style="list-style-type: none"> -Tienen experiencia con trabajos similares para otros proveedores. -Precio competitivo 	<ul style="list-style-type: none"> -El sistema no cumple con todos los requisitos. Precisión mayor a 3cm. -Mala comunicación con el proveedor.
Scentia SC-Logger (España) 	<ul style="list-style-type: none"> -Proximidad geográfica con el proveedor. -Buena comunicación con el proveedor. -Precio muy competitivo. 	<ul style="list-style-type: none"> -El sistema no cumple con los requisitos necesarios sobre la precisión definida.

Evidentemente tras el estudio realizado sobre las diferentes soluciones que ofrecía el mercado, se decidió adquirir el equipo del proveedor OXTS ya que era el que cumplía con todos los requisitos necesarios.

Por último, se analizaron los diferentes proveedores de sistemas de adquisición de datos que pudieran ofrecer un producto que se ajustara a los requerimientos técnicos especificados anteriormente. Se contactó con los proveedores que se nombran a continuación.

Nombre	Ventajas	Desventajas
Sensing (España) 	<ul style="list-style-type: none"> - Buena comunicación - Alta funcionalidad y gran capacidad posibilidades de uso. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se ha trabajado con esta empresa y no se tienen referencias - Precio elevado
B+S – Multidata (Germany) 	<ul style="list-style-type: none"> - Buena comunicación - Alta funcionalidad y gran capacidad posibilidades de uso. - Capacidad de puertos de expansión. - Se ha trabajado anteriormente con este proveedor en otros proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio elevado


Finalmente se optó por la opción propuesta por B+S Multidata, debido a las características de su sistema y la anterior colaboración con la empresa en otros proyectos.

B.3 Robots de conducción

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Para la compra de los robots de conducción, el abanico de posibilidades era aún menor, ya que no existen muchas empresas a nivel mundial que ofrezcan este tipo de producto y que este cumpla con los requerimientos necesarios para la realización de ensayos de acorde al protocolo de ensayo definido.

A continuación se muestran las dos posibilidades de las que disponíamos para realizar la adquisición de esta herramienta de ensayo.

Nombre	Ventajas	Desventajas
ABD Dynamics (UK) 	<ul style="list-style-type: none"> -Alta precisión de guiado de maniobras en volante (3cm) - Alta precisión en capacidad de aceleración (<0.5 Km/h) - Gran experiencia de la empresa en este campo. - Colaboración con OXTS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio elevado
Genesis (GER)	<ul style="list-style-type: none"> -Precio competitivo. 	<ul style="list-style-type: none"> -El sistema no cumple con todos los requisitos. Precisión de maniobra y aceleraciones menores que las deseadas. -Mala comunicación con el proveedor.

Tras el estudio realizado sobre las diferentes soluciones que ofrecía el mercado, se decidió adquirir el equipo del proveedor ABD Dynamics ya que era el que cumplía con todos los requisitos necesarios y además trabajan conjuntamente con el proveedor de los equipos GPS (OXTS) adquiridos con anterioridad.

C. Implementación de la solución

A continuación se describe la solución finalmente implementada para el desarrollo de una herramienta para la ejecución de ensayos Pre-Crash de detección de vehículos:

C.1. Target vehicle

El target vehicle (TV) es un vehículo equipado con la herramienta de simulación de vehículos. Este vehículo pretende recrear las situaciones definidas por el protocolo y ser detectado por el host vehicle el cual está probando el sistema Pre-Crash. Está equipado con una estructura suspendida desde el techo del vehículo y que integra otra estructura la cual se comporta como un coche para los sistemas de detección Pre-Crash. En su parte trasera dispone de una espuma que absorbe las ondas del radar por lo que lo hace invisible, siendo el único elemento detectado la estructura que simula el vehículo. A continuación se muestran diferentes fases del desarrollo de la estructura.

Inicialmente se diseñó una estructura giratoria que sirviera de unión entre la estructura principal de ensayos y el vehículo. Esta estructura se diseñó como giratoria para realizar ensayos a ambos lados del TV.

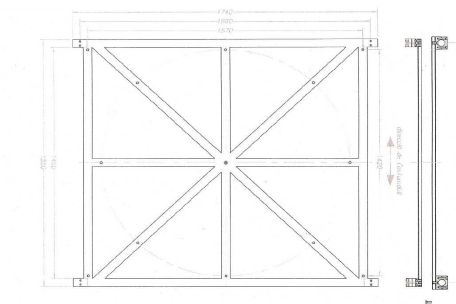


Figura 3.13 – Estructura giratoria Target Vehicle

Al mismo tiempo se realizó el diseño de estructura encargada de soportar al target vehicle (vehículo a detectar) y del marco sobre el cual se sustentaría el target. A continuación se detalla el diseño de ambas estructuras.

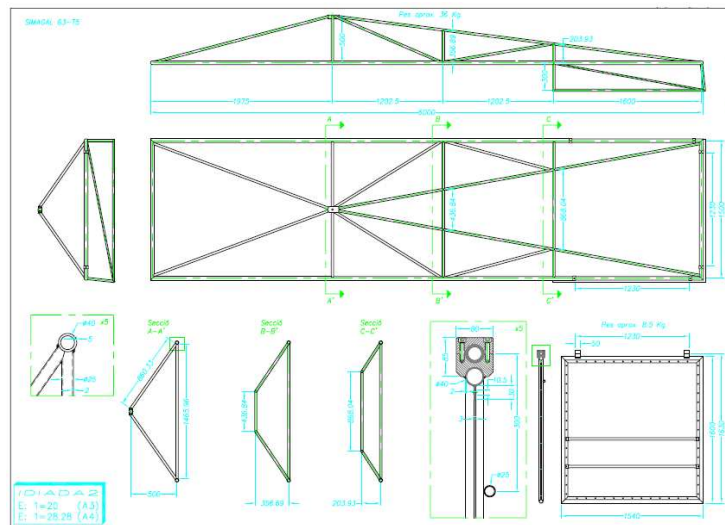


Figura 3.14 – Diseño de estructura implementada Target Vehicle

Posteriormente se realizaron los diseños de las pequeñas estructuras que debían simular la presencia de un vehículo desde el punto de vista del radar, estas estructuras integran unos cono reflectores (diseñados según la normativa ISO), los cuales crean una reflexión de las ondas del radar o el lidar del sistema de detección que simulan el comportamiento de un vehículo.

De acuerdo a las especificaciones de la normativa ISO donde especifica lo siguiente:

- Por lo que refiere a radar:

"A.2 Definition of the RCS of a corner cube type test target"

The Test Target is defined by a RADAR Cross Section RCS.

- RCS = $10 \pm 3 \text{ m}^2$. For today known frequencies (24 GHz, 60 GHz, 77 GHz, 90 GHz), 10 m² represents at least 95 % of all vehicles driving on motorways. For significant different frequency ranges, investigations shall be done.

- Aspect of test target should be as shown in figure A.7.

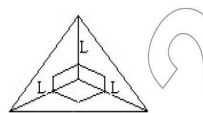


Figure A.7 Corner Cube reflector

Figura 3.15 – Corner reflector del standard ISO

$$RCS = (4 \times \pi \times L^4) / (3 \times \lambda^2)$$

with λ = wavelength"

- Por lo que refiere a lidar:

LidarReflector Size:

The size of the reflector shall be defined. Experience shows, a Lambert-reflector with a size of approximately $1,7 \text{ m}^2$ is the best, in case of vehicle representation, solution. A different method could be a 'triple' reflector with the size of approximately 20 cm^2 .

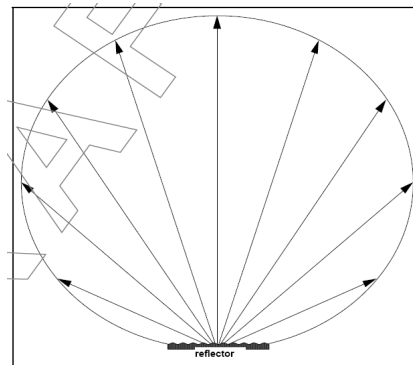


Figure A.6 - Lambert reflector

Figura 3.16 – Lidar reflector del standard ISO

The Lambert reflects the whole energy inside a sphere area (see figure A.6).

$$\Phi = \pi \cdot I \cdot \Omega$$

Φ is the radiated power [W] ;

I is the radiated intensity [W/sr] ;

Ω is the solid angle [sr].

A size of $1,7 \text{ m}^2$ represents the cross-section of a small vehicle.

A continuación se muestran unas imágenes de las estructuras utilizadas para la detección mediante radar y lidar.



Figura 3.17 – Foto del target vehicle para detección radar y lidar

La parte trasera del target vehicle y cualquier parte metálica que pueda quedar dentro de la zona de detección de los sistemas Pre-Crash, puede influir negativamente en la correcta detección de nuestro vehículo simulado, por lo que aplicamos una espuma absorbente especial para ondas radar con el objetivo que todas estas partes queden “invisibles” sobre la tecnología utilizada por los sistemas de detección y así estos solo detectarán la estructura que simula el vehículo. A continuación en la figura se muestran las diferentes zonas que quedan invisibles a las ondas del radar gracias a la cobertura proporcionada por la espuma absorbente.



Figura 3.18 – Foto del target vehicle con espumas absorbentes

Todas las herramientas creadas para la estructura de Pre-Crash quedaron finalizadas con la incorporación de una silueta de la parte trasera de un vehículo realizada en con una espuma densa y muy absorbente y forrada con una foto a tamaño original del vehículo para sensores de detección vía cámara. A continuación se puede ver la vista completa del vehículo rabbit con la configuración de Pre-Crash para detección de vehículos.



Figura 3.19 – Foto del target vehicle para detección vía Cámara

C.2 Equipos de medición (GPS, Dataloggers)

Sistema GPS diferencial:

Sistema GPS, es otro elemento necesario para la realización de este tipo de ensayos. Proporciona la información obtenida del vehículo al controlador del robot. El sistema GPS utilizado se divide en dos módulos.

Un primer módulo (RT3002) (fig.7) es un sistema de navegación por inercia basado en seis ejes. Este sistema incorpora un receptor GPS (RTK L1/L2) y ofrece un posicionamiento mejor que 0.02m RMS bajo condiciones dinámicas utilizando correcciones diferenciales. Los resultados obtenidos por el RT3002 derivan de mediciones de los acelerómetros y giroscopios. El uso de los sensores de inercia para las principales señales de salida que ofrece el RT3002 se realiza con una rápida velocidad de actualización

Evaluación de sistemas de seguridad activa

(100Hz) y un gran ancho de banda. Todos los resultados se calculan en tiempo real con una latencia muy baja.



Un segundo módulo (RT RANGE), ofrece una precisión de 3cm para la medición de movimiento relativo entre dos vehículos. Todas las mediciones están en línea, en tiempo real y de salida en el CAN BUS, incluyendo las medidas realizadas sobre el vehículo target (vehículo sobre al que se le hace la prueba) siendo transmitidas por el CAN BUS del Host Vehicle (vehículo de ensayo).



Sistema de adquisición de datos (Multidata):

El sistema de adquisición de datos utilizado para el registro de toda la información necesaria para el análisis de resultados de estos ensayos queda registrado en nuestros sistemas de adquisición. A continuación podemos ver una imagen de su apariencia y una tabla donde aparecen los datos registrados durante los ensayos.



Logging Data	unit	Host vehicle	Target Vehicle
Position of Target (HV)	[m]	-	(Dx,Dy)
Relation Velocity (HV)	[m/s]	-	(Vrx,Vry)
Angle of Target (HV)	[deg]	-	Θ_{xy}
Longitudinal/lateral velocity (vehicle)	[m/s]	(v1x,v1y)	(v2x,v2y)
Longitudinal/lateral acceleration (vehicle)	[m/s ²]	(a1x,a1y)	(a2x,a2y)
Yaw/Pitch rate (vehicle)	[deg/s]	(yv1,pv1)	(yv2,pv2)
Speed (vehicle)	[m/s]	V1	V2
Position (earth's surface)	[m]	(xg1,yg1)	(xg2,yg2)
Velocity (earth's surface)	[m/s]	(vg1x,vg1y)	(vg2x,vg2y)
Angle (earth's surface)	[deg]	Θ_1	

C.3 Robots de conducción

Robots de conducción:

- Robot de dirección, esta parte del robot es la encargada de realizar las maniobras sobre el volante y por lo tanto la responsable de la dirección del vehículo. Las características que nos ofrece este módulo son las siguientes:
 - Reproducir maniobras simples definidas en el planning de ensayo
 - Recrear secuencias complejas con sencillas órdenes con una gran precisión.
 - Controlable en deceleración lateral y posibilidad de controlar el tiempo en desplazamientos laterales.
 - Actuación “closeontheloop” con giroscopio y posicionamiento GPS para un ajuste de maniobras en tiempo real y una muy alta repetitividad.

En la siguiente figura se muestra el robot configurado en el interior del vehículo.



Figura 3.20 – Foto del target vehicle con el robot de dirección

- Accelerator Robot (robot para el acelerador), esta parte del robot es la encargada de proporcionar velocidad al vehículo. Se sitúa sobre el pedal del acelerador y puede ser configurado y calibrado como sea necesario. Como en el caso del volante este robot ofrece un gran nivel de precisión y también puede ser ajustado en tiempo real.

En la siguiente figura se muestra el robot configurado dentro del vehículo.



Figura 3.21 – Foto del target vehicle con el robot de aceleración y frenado

- Brake Robot (robot para el freno), este módulo del robot se encarga de actuar sobre el freno del vehículo. Se sitúa sobre el pedal de freno y como los dos anteriores puede ser configurado y calibrado como sea necesario. Este robot ofrece un gran nivel de precisión y también puede ser ajustado en tiempo real.

En la siguiente figura se muestra el robot configurado en el interior del vehículo.

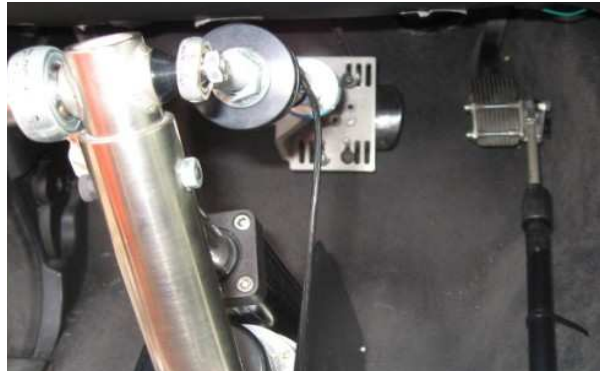


Figura 3.22 – Foto del target vehicle con el robot de aceleración y frenado

En combinación con todas las herramientas presentadas y como hemos comentado anteriormente, se integran los robots de conducción, los sistemas de posicionamiento GPS y los sistemas de adquisición de datos. En el siguiente esquema se puede observar el diagrama de funcionamiento de los sistemas y como se interaccionan entre ellos.

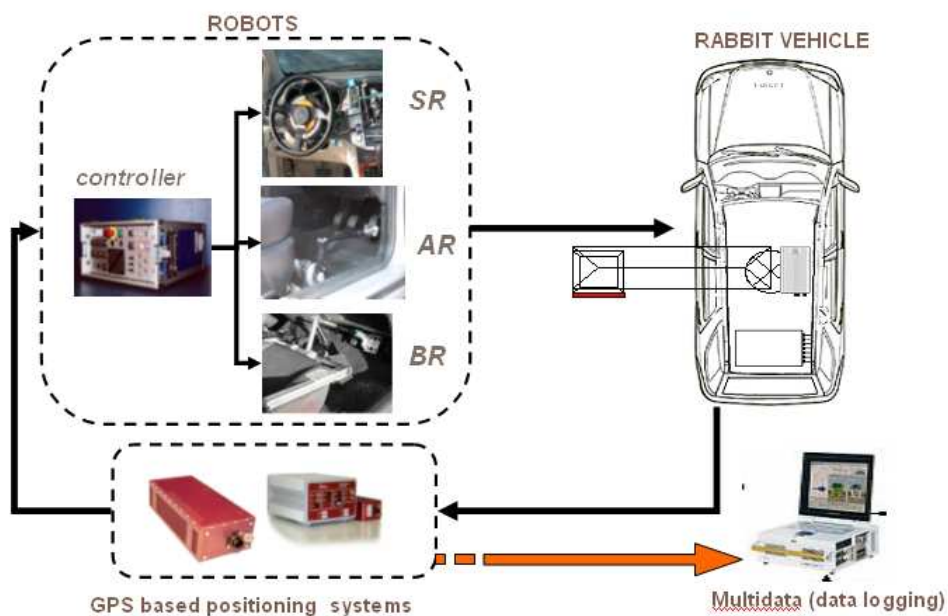


Figura 3.23 – Diagrama de equipos configurados en el target vehicle

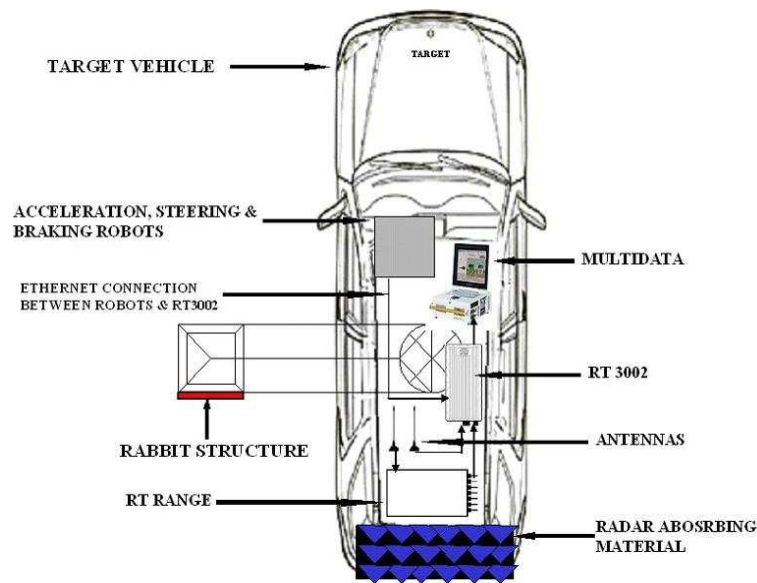


Figura 3.24 – Diagrama de equipos configurados en el target vehicle

Una vez instalados todos los dispositivos en el Target vehicle, se inicia el proceso realizando la programación de las maniobras que se llevarán a cabo durante el ensayo, de este modo el robot efectuará las maniobras ayudado por el sistema de posicionamiento global (GPS). Finalmente todos los datos son registrados en el multidata, el cual está conectado al CAN-BUS de los sistemas GPS integrados en el vehículo de donde extrae información en forma de datos de velocidad, aceleración, frenado, posición o posición relativa

3.5.2 Herramientas de ensayo para detección de peatones

A continuación se analizan los diferentes requisitos que deben cumplir las herramientas utilizadas para el ensayo de sistemas de asistencia a la intersección y sistemas de reconocimiento de peatones.

A. Requerimientos para los ensayos:

- Velocidad máxima del target (peatón): 7 Km/h. El target debe moverse a una velocidad de hasta 7 Km/h, según las condiciones máximas impuestas por el protocolo de ensayo.
- Velocidad delta máxima entre vehículos: velocidad relativa máxima en la cual se puede producir un impacto entre el subjectvehicle y el target (peatón). $V_{\text{deltamáx}} = 50 \text{ Km/h}$.

- Precisión de posicionamiento del sistema de control: 5 cm. El motor debe estar gobernado por un sistema de control capaz de posicionar el target en el punto deseado con una exactitud considerable, en este caso el sistema debe ser capaz de tener una desviación máxima de 5 cm.
- Precisión de seguimiento de trayectoria: La conducción debe ser capaz de realizar maniobras con una precisión de 2cm, independientemente de la maniobra que deba realizarse. Debido a las reducidas medidas que debe tener el target ya que debe tratarse de una recreación de una persona humana esta precisión es muy importante para poder coincidir en el punto de impacto definido.
- Precisión de velocidad en la conducción: Para asegurar los parámetros mencionados anteriormente, la conducción debe tener una precisión menor que 0,5 Km/h en su capacidad de proporcionar velocidad al hostvehicle.
- El target (peatón) debe ser detectable por radar, lidar y cámara.

B. Estudio de alternativas

Para la realización de la estructura de intersección se barajaron diferentes opciones, la primera opción fue la de subcontratar a una empresa de ingeniería que pudiera llevar a cabo el diseño y construcción de la instalación, a continuación se muestra un cuadro resumen con las diferentes opciones que fueron estudiadas para llevar a cabo este trabajo.

Nombre	Ventajas	Desventajas
VTI (España)  Vázquez y Torres Ingeniería S.L.	- Buena comunicación - El diseño permite futuros nuevos escenarios (múltiples targets, maniobras complejas)	- Deben crear el sistema completo - Precio elevado
LASTRO (Alemania) 	- Tienen experiencia con trabajos similares para otros proveedores. - Precio competitivo	- El sistema no cumple con todos los requisitos. - Necesitamos proveer con la estructura a la empresa.
4a engineering GmbH (Austria) 	- Adaptación de un sistema existente - Sistema completo - Precio competitivo	- Comunicaciones muy complicadas por parte de la empresa.
	Sumar esta cantidad para realizar una estructura invisible para el radar.	
Cari-co (Holanda)	- Gran experiencia en sistemas similares. - Solución con el sistema completo - La estructura cumple todos los requisitos	- Deben crear ellos todo el sistema completo - Solución muy cara
	Valor de sólo la estructura	

Después del análisis y el trato con diferentes proveedores para la realización del laboratorio de ensayo y por condiciones en muchos casos económicas y de tiempo, se decidió liderar el proceso de diseño desde el propio departamento y valerse de la ayuda de pequeños proveedores locales como se había realizado con éxito anteriormente para las herramientas de Pre-crash de detección de peatones.

Por lo que finalmente todo el proceso de diseño se llevó a cabo internamente y la realización física de la estructura quedó realizada por el mismo proveedor local que había colaborado con éxito en la realización de las herramientas anteriores.

Por lo que refiere a los requisitos de precisión de la posición y adquisición de datos, se utilizaron los mismos equipos que se han utilizado en el desarrollo de la aplicación anterior, es decir, GPS de OXTS, adquisición de datos de MULTIDATA y robots de conducción (ABD).

C. Implementación de la solución

A continuación se muestran diferentes fases del diseño de las partes que comprenden el laboratorio de intersección:

C.1 Pilares

Base del laboratorio capaz de soportar los cables de hierro por lo cuales se debería desplazar el vagón que desplazara la silueta. En la parte superior de sus extremos se colocaron unas poleas que posteriormente servirían para transmitir el movimiento generado por el motor y que permitiría el desplazamiento del carro hacia un lado y otro de la intersección. A continuación se muestran unas imágenes del diseño de estos pilares.

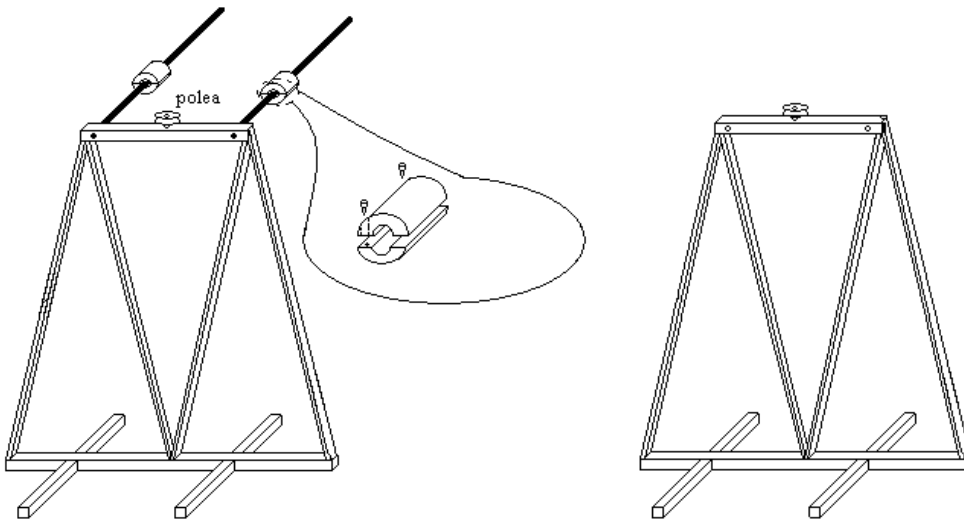


Figura 3.25 – Diseño de los pilares

C.2 Vagón

Parte que proporcionará el movimiento a la silueta. Este carro será el encargado de desplazar la silueta a un lado y otro de la intersección. Se realizó un sistema mecanizado que permite el movimiento de las piernas del peatón y la variación de la velocidad del movimiento de estas en función de la velocidad del propio carro.

C.3 Siluetas

Las siluetas o “targets” son la parte a detectar por el sistema de detección del vehículo que se ensaya. Para el peatón se dispone de un peatón a escala real y realizado en espuma el cual reproduce el movimiento de una persona humana caminando.

Silueta del peatón: La característica principal del peatón es que realiza un movimiento de las extremidades inferiores, como si se estuviera frente a una persona caminando. El movimiento de las extremidades se realiza según la secuencia de movimientos natural, es decir, alternando el movimiento de piernas según el peatón va avanzando por la pista y consiguiendo un desplazamiento de la extremidad hacia arriba pero con un movimiento hacia atrás y delante. Todos estos movimientos se realizan sin ningún accionamiento de potencia, ya que se buscó una solución utilizando un reenvío de la transmisión principal, que mueve el peatón a lo largo de la pista, consiguiendo una solución robusta y de bajo coste.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

El peatón se realizó en espuma, con la finalidad de que en caso de que se produjera un impacto con el vehículo test, éste no presentara daño alguno. Así mismo, se incorporaron componentes específicos para las articulaciones que tampoco presentan elevada rigidez en caso de impacto.

La morfología del peatón se asemeja a la morfología de la persona, consiguiendo que en caso de que la tecnología que utiliza el vehículo sea de cámara, se haga un procesamiento de la imagen y el sistema considere que este objeto móvil o fijo es realmente un peatón. La tecnología radar detecta a las personas mediante la reflexión del agua del interior del cuerpo humano por ello nuestro peatón está recubierto de film metálico el cual simula el comportamiento del agua.



Figura 3.26 – Peatón impactable

C.4 Sistema de control

El sistema que gobierna el laboratorio de ensayo está compuesto por diferentes módulos que se explican a continuación:

Se compone de un PC, una tarjeta de adquisición de datos, un software específico con un algoritmo de control y dos barreras de luz (sensores fotoeléctricos). Este sistema es el encargado de controlar todo el movimiento de la silueta que es proporcionado por el motor. El módulo recibe la entrada de la velocidad del vehículo que se obtiene gracias a las dos barreras de luz colocadas al principio de la recta de ensayo, esta información es enviada a la tarjeta de adquisición de datos que procesa la información y la envía al PC para que el software procese y muestre la información sobre el ensayo. A continuación se muestra una fotografía y un esquema del sistema de control utilizado.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

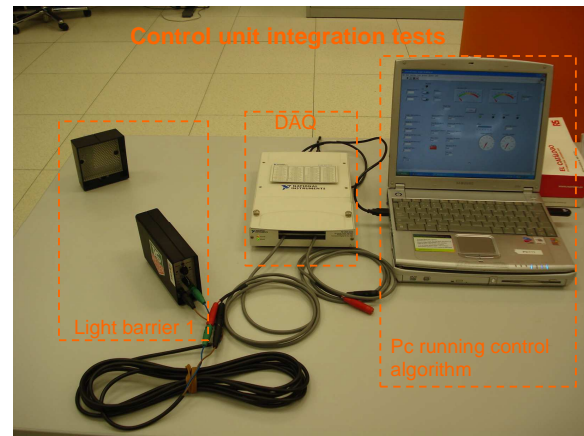
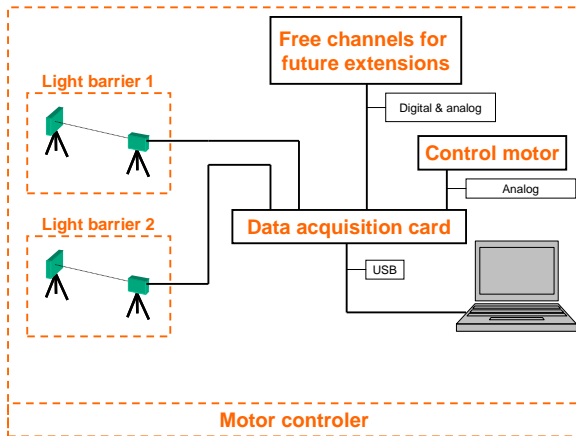
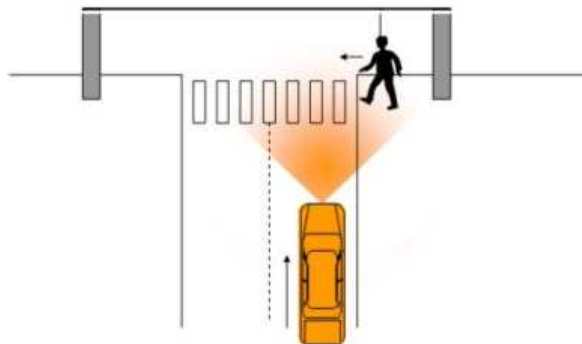


Figura 3.27 – Implementación hardware y software del sistema de control

El sistema de control gobierna un motor que genera la potencia para mover la silueta. Se trata de un motor trifásico de 20 KW. Se ha creado una botonera de control para arrancar el motor, decidir el sentido de giro y poder parar el motor en caso de emergencia.



En las siguientes fotos se muestran varias imágenes del peatón diseñado y la solución final implementada.

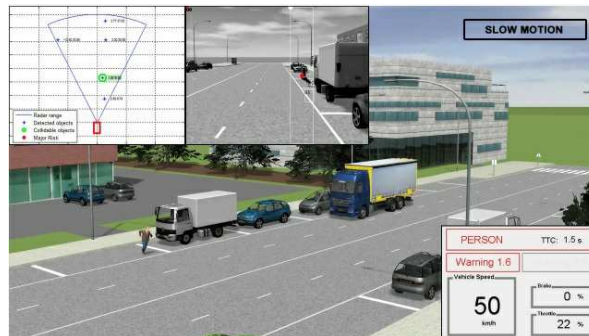


Figura 3.28 – Laboratorio de ensayo para detección de peatones

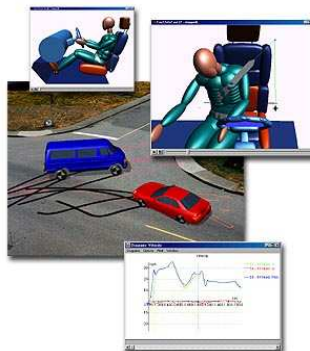
3.6 Fase 6: SIMULACIÓN DE ENSAYOS

Por lo que respecta la simulación de los ensayos se han pre-seleccionado el siguiente software de simulación:

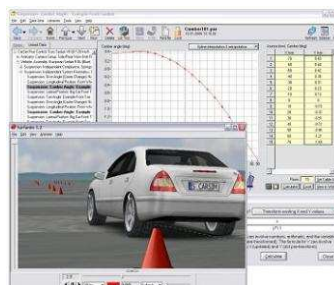
- 1- PRE-SCAN: Es el software más enfocado a simulación de sistemas ADAS.



- 2- PC-Crash: es el software por excelencia para la simulación de choques entre vehículos.



- 3- Car-Sim: Es el software más utilizado para simular aplicaciones dinámicas de vehículos.



Finalmente y dado el sobrecoste que ellos supone dentro del proyecto, se ha optado por desestimar la parte de simulación.

3.7 Fase 7: IMPLEMENTACIÓN FÍSICA

Para la implementación física de los resultados, se han seleccionado las casuísticas siguientes que se detallaron durante la definición del protocolo de ensayo en la fase 4:

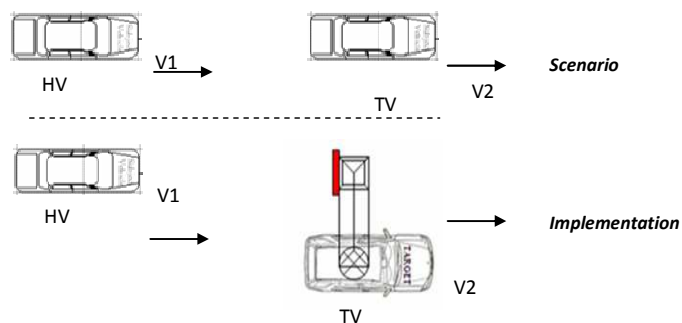
- *Ensayo 2 – Target vehicle a menor velocidad (baja velocidad)*
- *Ensayo A – Cruce de Peatón (Peatón parado)*

3.7.1 Condiciones de ensayo

Weather conditions at IDIADA on 24/04/2009 17:00:00 - 17:10:00							
channel	Temp	Hum_Rel	solar_radiations	asphalt_temp	Max_wind_speed	rain	Presion
unit	Deg C	%	W/m ²	Deg C	m/s	mm	mbar
value	20.62	33.07	563.8	34.1	6.468,00	0	9.974.822

3.7.2 Ensayo 2 – Target vehicle a menor velocidad (Baja velocidad)

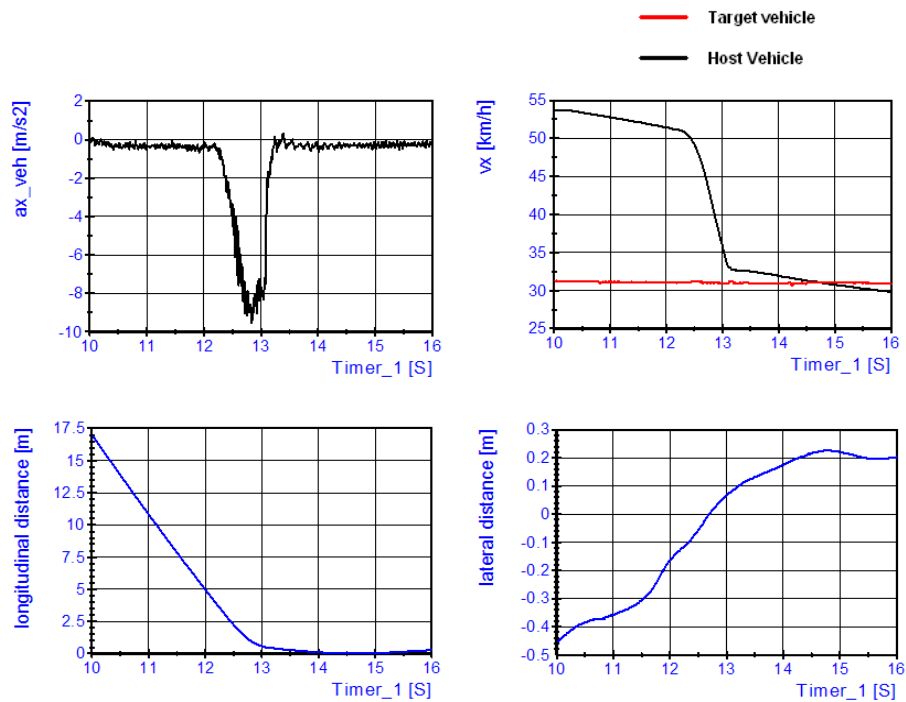
El principal objetivo de este escenario es el de simular un situación en la que el vehículo que le precede circula a una velocidad inferior. Este escenario prueba la capacidad de respuesta que tiene el sistema Pre-Crash durante una situación de alcance.



Evaluación de sistemas de seguridad activa

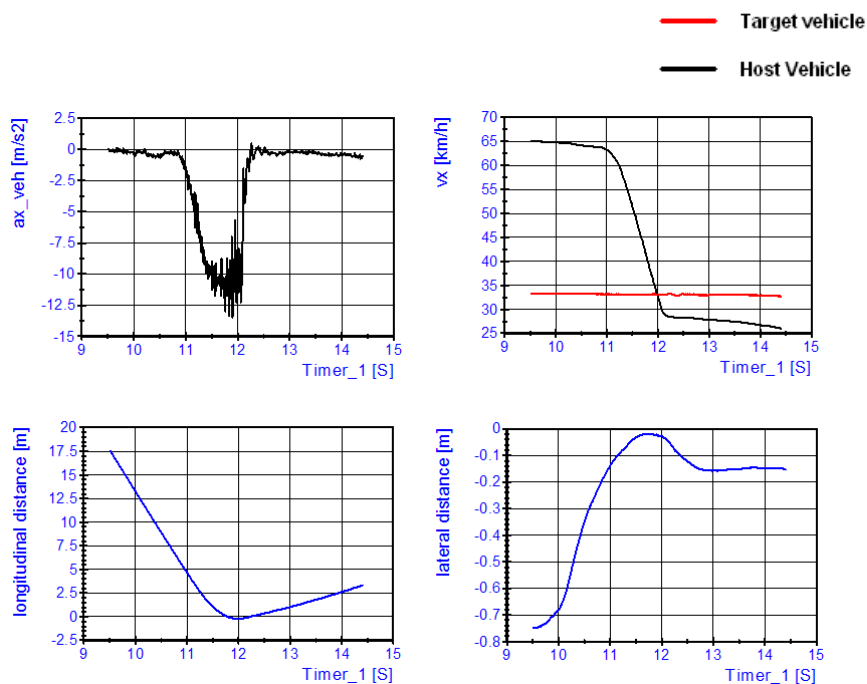
Test 1:

Host vehicle initial speed: 50 km/h Target speed: 30 km/h

**Resultado:** El host vehicle ha evitado la colisión

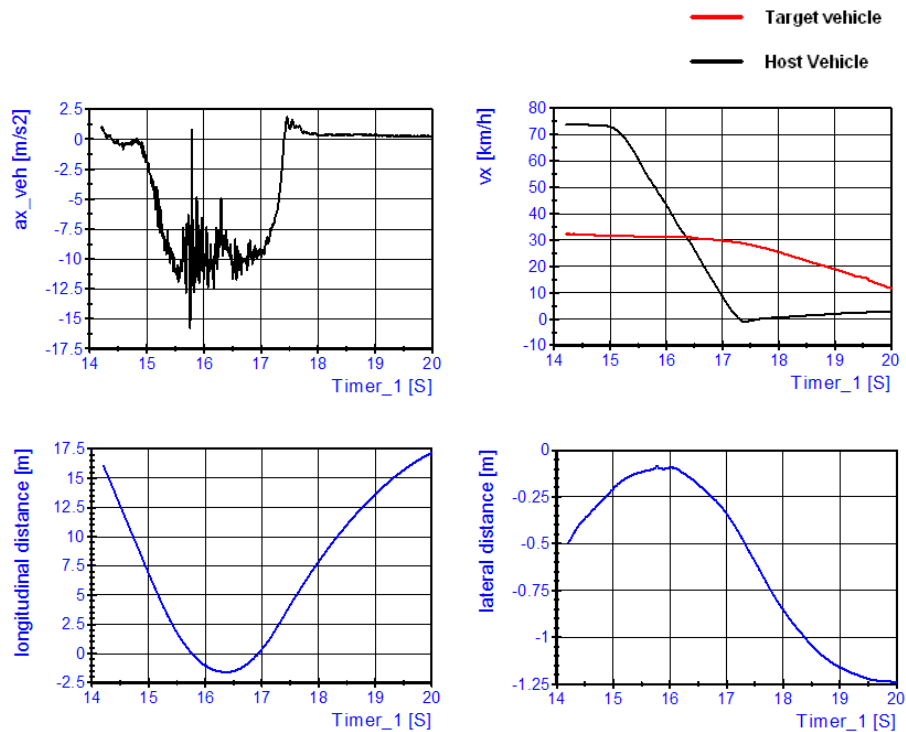
Test 2:

Host vehicle initial speed: 65 km/h Target speed: 30 km/h

**Resultado:** El host vehicle ha evitado la colisión

Test 3:

Host vehicle initial speed: 75 km/h Target speed: 30 km/h



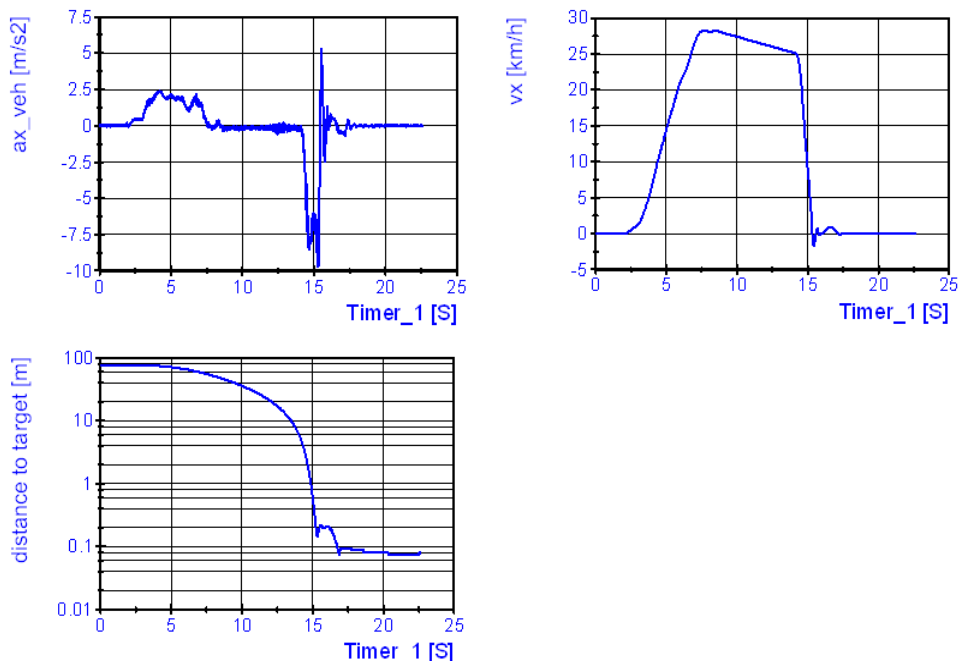
Resultado: El host vehicle ha tocado el target vehicle a una velocidad relative de 45 km/h, sin embargo, la velocidad de impacto ha sido significativamente reducida por el host vehicle.

3.7.3 Ensayo A – Cruce de Peatón (Peatón parado)

Este escenario tiene como objetivo la simulación de un cruce entre un vehículo y una persona cruzando la vía. El vehículo se aproxima a la zona del cruce, donde aparece un peatón cruzando desde la derecha o la izquierda según los requerimientos del ensayo a realizar.

Test 1: Lateral offset (0%) – trial 1

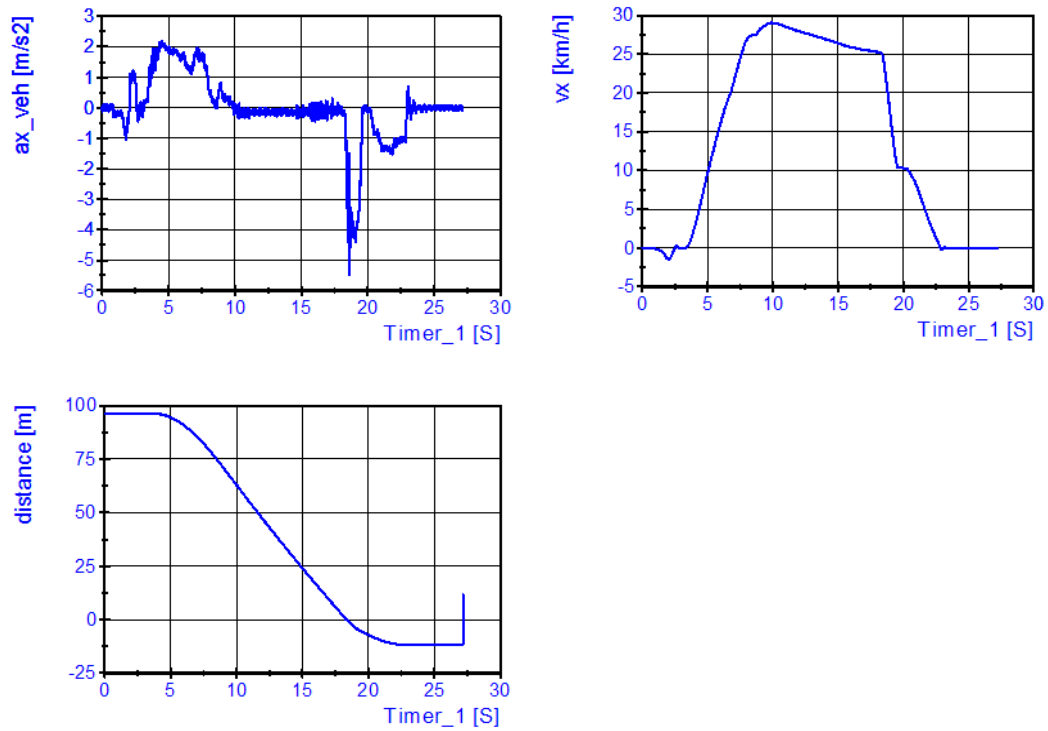
Host vehicle initial speed: 25km/h Target speed: 0 km/h, 0% lateral offset



Resultado: El sistema ha detectado el peatón y ha activado su sistema Pre-Crash.

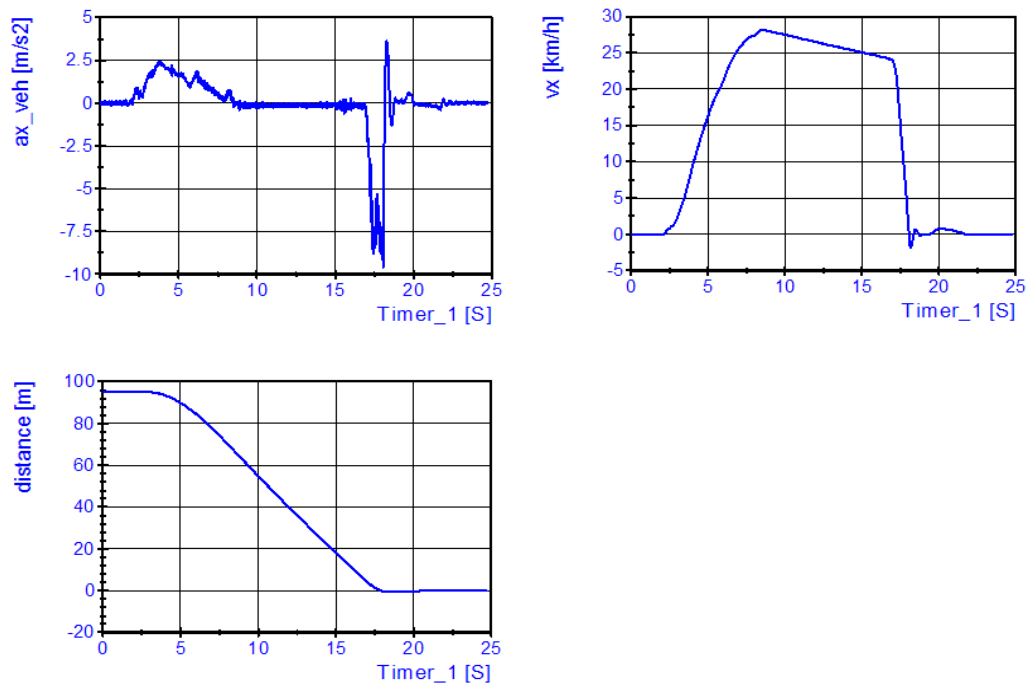
Test 2: Lateral offset (0%) – trial 2

Host vehicle initial speed: 25km/h Target speed: 0 km/h, 0% lateral offset

**Resultado:** El vehículo no detecto el peatón a tiempo para evitar el atropello.

Test 3: Lateral offset (-50%) - trial 1

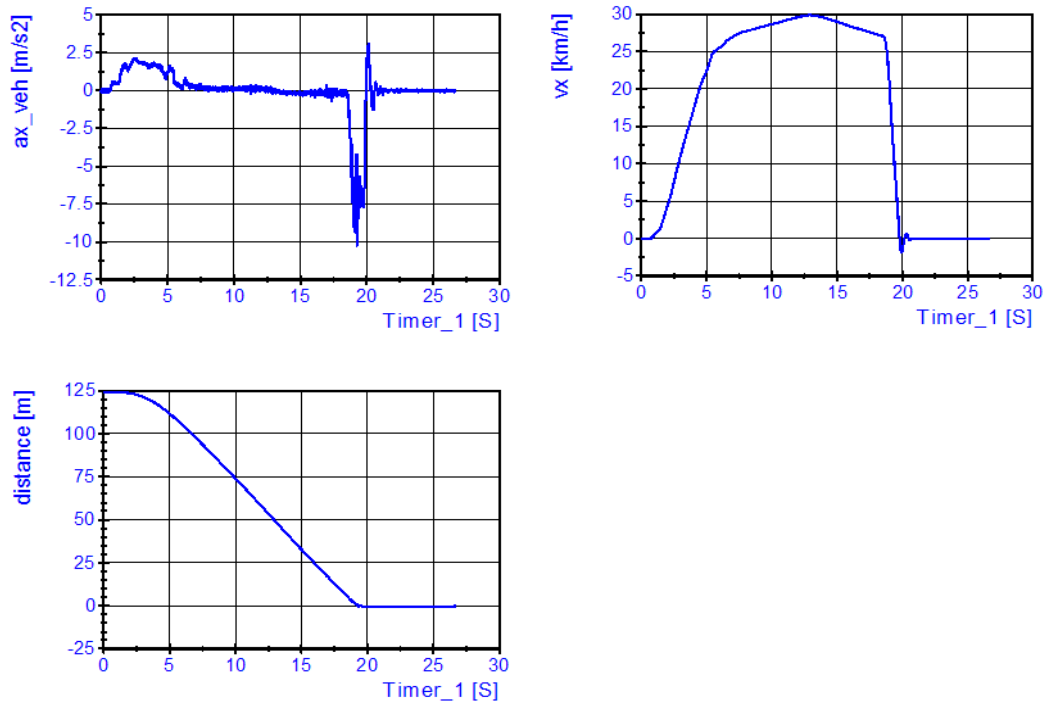
Host vehicle initial speed: 25 km/h Target speed: 0 km/h, -50% lateral offset



Resultado: El sistema ha detectado el peatón y ha activado su sistema Pre-Crash.

Test 4: Lateral offset (-50%) - trial 2

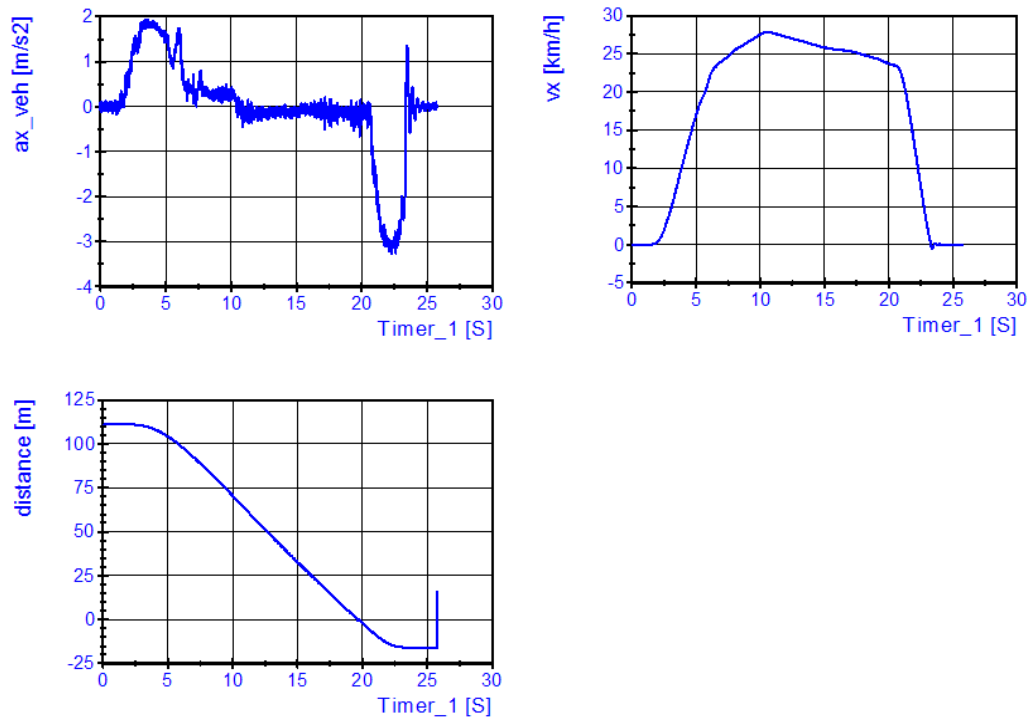
Host vehicle initial speed: 25 km/h Target speed: 0 km/h, -50% lateral offset



Resultado: El sistema ha detectado el peatón y ha activado su sistema Pre-Crash.

Test 5: Lateral offset (50%) – trial 1

Host vehicle initial speed: 25 km/h Target speed: 0 km/h, 50% lateral offset

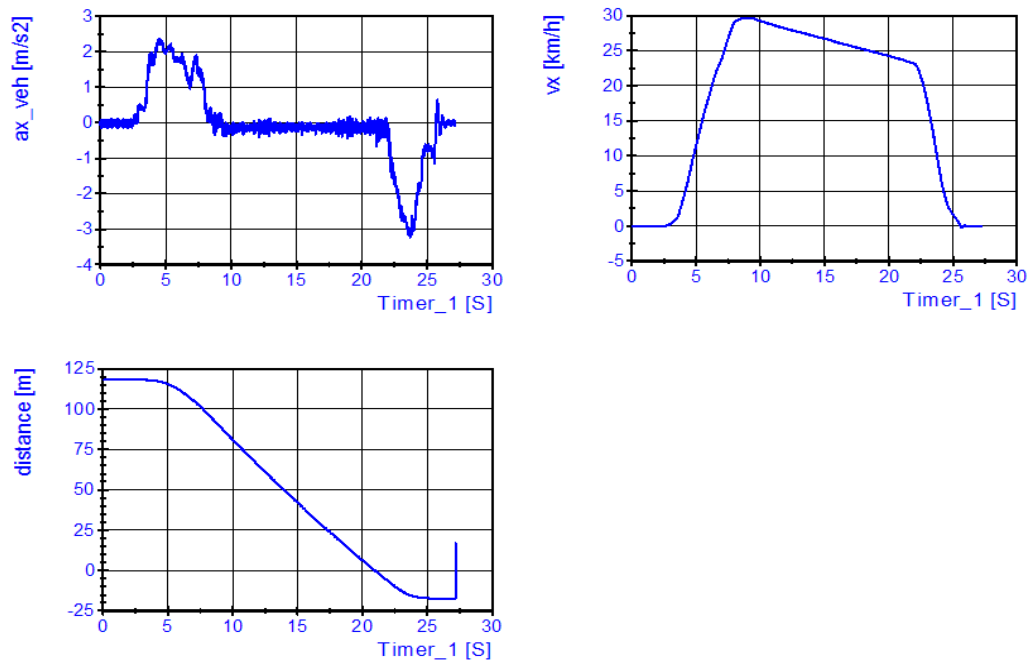


Resultado: El sistema no detectó el peatón, ni proporcionando ningún aviso acústico o de luz o ninguna frenada de emergencia, en este caso el conductor hizo la frenada al impactar con el peatón.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

Test 6: Lateral offset (50%) - trial 2

Host vehicle initial speed: 25 km/h Target speed: 0 km/h, 50% lateral offset



Resultado: El sistema no detectó el peatón, ni proporcionando ningún aviso acústico o de luz o ninguna frenada de emergencia, en este caso el conductor hizo la frenada al impactar con el peatón.

Evaluación de sistemas de seguridad activa

El resumen de los resultados obtenidos durante la implementación de la física del procedimiento de ensayo se muestra a continuación:

Familia de ensayo		Resultado	Comentario
Ensayo A – Cruce de Peatón (Peatón parado)			
	Lateral offset 1 (0%)	No Impacto	/
	Lateral offset 3 (0%)	Impacto	Detección tarde
	Lateral offset 4 (-50%)	No Impacto	/
	Lateral offset 5 (-50%)	No Impacto	/
	Lateral offset 6 (50%)	Impacto	Nodetección
	Lateral offset 7 (50%)	Impacto	Nodetección
Ensayo 2 – Target vehicle a menor velocidad (baja velocidad)			
	Test 1	No Impacto	/
	Test 2	No Impacto	/
	Test 3	Impacto	Detección tarde

3.8 Fase 8: DIVULGACIÓN

Los resultados obtenidos en este proyecto han sido entregados y presentados a algunos de los principales fabricantes de vehículos tanto a nivel Europeo como asiático y proveedores de sistemas electrónicos embarcados que equipan los vehículos, muchos de ellos han mostrado un interés especial en los resultados obtenidos y ven con buenos ojos este tipo de iniciativas que permitan evaluar y validar los sistemas avanzados a la conducción.

El resultado obtenido también podrá ser utilizado en diferentes campañas de divulgación para concienciar a la población que estos sistemas ayudan a evitar accidentes de tráfico y reducir las consecuencias de los siniestros.

Parte de los resultados obtenidos se han presentado en algunas de las conferencias más importantes del sector automoción como son FISITA, JSAE o el Auto Show de Shangai.

4 CONCLUSIONES

Como principales conclusiones de los resultados obtenidos por el proyecto podemos concluir que:

- El desarrollo de una metodología de evaluación objetiva de los sistemas Pre-Crash permite a los fabricantes y proveedores de sistemas tener un punto en común para el desarrollo y mejoras de los sistemas desarrollados para cada uno y permite tener un rating de la funcionabilidad y fiabilidad de los sistemas ADAS de detección de vehículos y peatones.
- Basándonos en el amplio estudio del arte sobre las tecnologías ADAS y en el estudio sobre accidentes realizado en las fases preliminares del proyecto, podemos afirmar que las herramientas desarrolladas durante el proyecto para reproducir las situaciones más representativas de accidentes pasan a ser unas herramientas esenciales a la vez que necesarias para poder validar y evaluar los sistemas de ayuda a la conducción. Con las herramientas que se han desarrollado durante el proyecto, pueden ser utilizadas al mismo tiempo para desarrollar varios de los sistemas ADAS a parte del sistema Pre-Crash de detección de vehículos y peatón.
- Es necesario un criterio unificador a nivel internacional para el ensayo y evaluación de la mayor parte de sistemas ADAS en general y más concretamente para los sistemas de Pre-Crash de detección de vehículos y detección de peatones.
- Desde el punto de vista medioambiental,. se ha de tener en cuenta que este tipo de iniciativas tienen como objetivo las mejoras de los sistemas ADAS, en concreto para este proyecto los sistemas Pre-Crash, que supondrá una mejora en la siniestralidad de los vehículos, mejorará las congestiones en las carreteras y como ello contribuirá a una mejora en la sostenibilidad medioambiental.

5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Este proyecto tiene dos líneas de explotación principales.

- Las constructoras o fabricantes de automóviles, con los que se establecerán acuerdos de colaboración para la investigación y el desarrollo de las tecnologías estudiadas.
- Los fabricantes de sistemas electrónicos que nutren a la industria de la automoción. Los proveedores que tomen la iniciativa en el desarrollo de sistemas de seguridad primaria necesitarán evaluar sus equipos

A continuación se realiza un estudio económico para determinar el coste global que ha supuesto el proyecto, se analiza de forma separada la fase de realización del proyecto a nivel de dedicación de horas personal y la construcción y compra de las herramientas necesarias para la implementación y realización de los ensayos necesarios para validar la metodología:

Fase de realización del proyecto

Los costes asociados a la realización del proyecto son principalmente los asociados a los recursos humanos involucrados el director de proyecto, el ingeniero de proyecto y los técnicos y conductores involucrados en la parte de implementación y ejecución de los ensayos de acorde a la metodología definida.

Presupuesto de costes del proyecto asociados a recursos

	Descripción	Total
PERSONAL		40.650,00 €
Director de proyecto	100 horas x 60 €/h	6.000,00 €
Ingeniero de proyecto	1025 horas x 30 €/h	30.750,00 €
Técnico	200 horas x 15 €/h	3.000,00 €
Conductor 1	45 horas x 10€/h	450,00 €
Conductor 2	45 horas x 10€/h	450,00 €
OTROS GASTOS		10.300,00 €

Evaluación de sistemas de seguridad activa

VIAJES y MATERIAL DE DIFUSIÓN	3 Viajes / 3 conferencias	7.500,00 €
DIETAS PARA CAMPAÑAS	4 reuniones	2.000,00 €
MATERIALES DE DIFUSIÓN	Brochure + Video	800,00 €
TOTALES		50.950,00 €

Fase de construcción de las herramientas

Los costes de implementación asociados a las herramientas de ensayo son imputables a la subcontratación de los talleres y la compra de material para el desarrollo del target vehicle y del simulador del peatón.

Presupuesto de costes del proyecto asociados a herramientas

Concepto	Importe (€)
Material / Equipos	15.000,00 €
Subcontrataciones	10.000,00 €
Total	25.000,00 €

A continuación se detalla una tabla con el coste total del proyecto.

Presupuesto total del proyecto

Concepto	Importe (€)
Personal	40.650,00 €
Materiales / Equipos	15.000,00 €
Subcontrataciones	10.000,00 €
Otros gastos	10.300,00 €
TOTAL PROYECTO	75.950,00 €

6 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

En el estudio del impacto medioambiental de este proyecto se puede diferenciar en dos partes:

- **Causado por la elaboración del proyecto:**

En la etapa de realización del proyecto, el impacto causado el medioambiente es el resultado de la obtención de la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los sistemas de iluminación del lugar de trabajo y del equipo informático utilizado.

Por otra parte, también se le puede atribuir el diferente material de oficina utilizado en papel, cartuchos de tinta,...sobretudo para la generación del material impreso publicitario (tipo Brochure) que se han ido utilizando durante la fase de difusión del proyecto.

- **Causado por la implementación de la herramientas y ejecución de ensayos:**

Por lo que respecta a la fase de creación de las herramientas de ensayo, se ha de tener en cuenta el impacto ambiental asociado al proceso de obtención de los materiales asociados y el de las máquinas necesarias para transformar ese material en las herramientas requeridas.

Por otra parte, se ha de atribuir un impacto medioambiental derivado de la utilización de los vehículos durante los ensayos que se han realizado para verificar la metodología.

No obstante, se ha de tener en cuenta este proyecto tiene como objetivo las mejoras de los sistemas ADAS, en concreto los sistemas Pre-Crash, que supondrá una mejora en la siniestralidad de los vehículos, mejorará las congestiones en las carreteras y consecuentemente supondrá una disminución de los componentes inutilizables que se han de procesar y reciclar.

En definitiva, este proyecto se valora de manera muy positiva desde el punto de vista medioambiental.

7 BIBLIOGRAFÍA

ESTANDARES

- [1] ISO 22178 - Intelligent transport systems — Low speed following (LSF) systems — Performance requirements and test procedures
- [2] ISO 22179 - Intelligent transport systems — Full speed range adaptive cruise control (FSRA) systems — Performance requirements and test procedures
- [3] NHTSA-2006-26555 - "Forward Collision Warning System NCAP Confirmation Test December 2008"
- [4] ISO 15622 - Transport information and control systems — Adaptive Cruise Control systems — Performance requirements and test procedures
- [5] Intelligent transport systems — Lane departure warning systems — Performance requirements and test procedures

INICIATIVAS / PROYECTOS

- [A] Proyecto eVALUE - www.evalue-project.eu/ [B] Proyecto ASSESS - www.assess-project.eu/ [C] Proyecto eSAFETY - www.esafetysupport.org
- [D] Proyecto euroFOT - <http://www.eurofot-ip.eu/>
- [E] Euro NCAP, 2011, Brussels, www.euroncap.org
- [F] CAMP-CIB initiative, 2009-2010, www.nhtsa.gov
- [G] AEB group, 2010-2011, www.thatcham.org

FABRICANTES / PROVEEDORES

- CONTINENTAL AUTOMOTIVE - www.conti-online.com
- TRW - www.trw.com
- BOSCH - www.bosch-automotivetechology.com
- DENSO - www.denso-europe.com
- IBEO - www.ibeo-as.com
- MERCEDES - www.daimler.com
- AUDI - www.audi.com
- BMW - www.bmw.com

PAPERS

[1] Assessment of Integrated Vehicle Safety Systems for improved vehicle safety.
EU FP7 project ASSESS, SST.2008.4.1.1: 233942
Available at <http://www.assess-project.eu>

[2] H. Fagerlind, I. Heinig, M. Viström:
Analysis of accident data for test scenario definition in the ASSESS project.
4th international ESAR (Expert Symposium on Accident Research) conference 2010

[3] C. Mayer, J. Tsuchida, M. Ranovona, E. Chin, M. McCarty, C. Gelau, T. Dukic:
Experimental design for an evaluation of behavioural aspects, Deliverable D.3.1 of EU FP7 project ASSESS,
SST.2008.4.1.1: 233942
Available at <http://www.assess-project.eu>

[4] M. McCarthy, H. Fagerlind, I. Heinig, T. Langner, S. Heinrich, L. Sulzberger, S. Schaub:
Preliminary Test Scenarios, Deliverable D1.1 of EU FP7 project ASSESS, SST.2008.4.1.1: 233942
Available at <http://www.assess-project.eu>

[5] O. Nakayama, T. Futami, T. Nakamura,
E. R. Boer: Development of a steering entropy method for evaluating driver workload.
SAE Technical Paper Series 1999-01-0892.
Warrendale, PA, U.S.A.: SAE International

[6] W. R. Glaser, H. Waschulewski:
INVENT – Forschungsprojekt Fahrerassistenz-systeme (FAS); Teilprojekt Fahrerverhalten und Mensch-Maschine-
Interaktion (FVM).
Arbeitspaket 3200
Abschlussbericht

[7] J. D. van der Laan, A. Heino, D. de Waard:
A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics.
Transpn Res.-C. Vol. 5, No. 1, pp. 1-10, 1997
S0968-090X(96)00025-3

[8] T. Murano, T. Yonekawa, M. Aga, S. Nagiri: Development of High-Performance Driving Simulator
SAE 2009 World Congress, Detroit, MI,
Paper No. 2009-01-0450